

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Evaluación de la calidad del aire (PM10 y PM2.5) en relación a los
parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa y
velocidad de viento) en el sector Cercado- Tarapoto, 2018**

Por:

Cleidy Liliana Sánchez Paico
María Yovani Bautista Monsalve

Asesor:

Mg. Ing. Delbert Eleasil Condori Moreno

Tarapoto, julio del 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

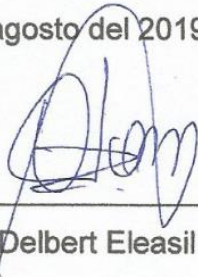
Mg. Ing. Delbert Eleasil Condori Moreno, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“Evaluación de la calidad del aire (PM10 y PM2.5), en relación a los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad de viento) en el sector cercado - Tarapoto, 2018”** constituye la memoria que presenta al **Bachiller Cleidy Liliana Sánchez Paico y María Yovani Bautista Monsalve**, para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Ambiental ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a los 21 días del mes de agosto del 2019.



Mg. Ing. Delbert Eleasil Condori Moreno

“Evaluación de la calidad del aire (PM10 y PM2.5), en relación a los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad de viento) en el sector Cercado - Tarapoto, 2018”

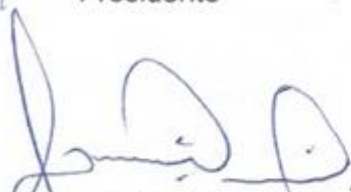
TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Mstra Betsabeth Teresa Padilla
Macedo
Presidente



Ing. Jhon Patrick Rios Bartra
vocal



Ing. Ivone Vásquez Briones
Secretario



Mg. Ing. Delbert Eleasil Condori Moren
Asesor

Tarapoto, 24 de julio del 2019

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por regalarme la vida, salud y la fortaleza para poder concluir el presente trabajo de investigación.

A mis apreciados padres: Eduardo Bautista Carrera y Raquel Monsalve Rojas, por su gran amor y sacrificio incondicional, por todo el apoyo que me brindaron para lograr cumplir mis metas y objetivos, ellos son mi principal motivación en cada etapa de mi vida.

María Yovani Bautista Monsalve

El presente trabajo de investigación está dedicado a Dios, que me ha dado la vida y la fortaleza para terminar este proyecto.

A mis amados padres: José Marino Sánchez Altamirano y Robertina Paico García, por ser el pilar fundamental para cumplir mis metas trazadas y por su apoyo incondicional durante toda mi formación profesional. Ellos son mi fuente de motivación en para cada meta trazada.

Cleidy Liliana Sánchez Paico

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios, a nuestro Creador por las innumerables bendiciones y cuidados durante este proceso de tesis, y permitir un logro más en nuestras vidas.

A las siguientes instituciones: Municipalidad Provincial de San Martín, Servicio Educativo Hogar y Salud y a la Pollería Light Chicken, por abrirnos las puertas para desarrollar esta investigación.

Al Ing. Mg. Ing. Delbert Eleasil Condori Moreno, por haber contribuido asesorando la presente investigación y guiarnos en este proceso.

A nuestra familia, por alentarnos en continuar los estudios y en la culminación de este trabajo de investigación y el logro de una meta más en la vida. Y a todas aquellas personas que estuvieron involucradas en el desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO I.....	15
1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Identificación del problema.....	15
1.2 Objetivos de investigación.....	18
1.2.1 General.....	18
1.2.2 Específicos.....	18
1.3 Justificación de la investigación.....	18
1.4 Presunción filosófica.....	20
CAPÍTULO II.....	22
2. Revisión de la literatura.....	22
2.1 La atmósfera.....	22
2.2 Contaminación atmosférica y fuentes de emisión.....	23
2.3 Material Particulado PM10 y PM2.5.....	26
2.4 Factores meteorológicos.....	28
2.4.1 Temperatura.....	28
2.4.2 Humedad.....	28
2.4.3 Vientos.....	29
2.5 Efectos en la salud.....	29
2.6 Equipo de atenuación beta E-BAM.....	30
2.7 Estándares ambientales.....	31

2.7	Antecedentes	33
CAPITULO III		38
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1.	Lugar de ejecución.....	38
3.2	Descripción del área de estudio	40
3.2.1.	Ubicación de los puntos de medición de calidad de aire (PM10 Y PM2.5)	40
3.3.	Diseño de la investigación.....	40
3.3.1.	Tipo de Investigación.....	41
3.3.2.	Enfoque de la investigación	41
3.3	Hipótesis de la Investigación	41
3.5.	Descripción de Variables	42
3.5.1.	Variable independiente	42
3.5.2.	Variable dependiente	42
3.6	Matriz de consistencia y Operacionalización de variables.....	43
3.7.	Población y muestra	44
3.7.1.	Población.....	44
3.8.	Técnicas de recolección de datos	44
3.8.1	Identificación de la zona y selección del número mínimo de estaciones	44
3.8.2	Selección del sitio de muestreo.....	45
3.8.3	Criterios de ubicación o instalación del equipo monitor E-bam.....	45
3.8.4	Instalación y Armado del Monitor E-bam.....	46
3.8	Muestreo para la concentración de material particulado (PM10 Y PM2.5).....	46
3.9	Muestreo para las variables meteorológicas	46
3.10	Instrumentos de recolección de datos	47
3.11	Validación y confiabilidad de instrumentos	47

3.12 Métodos de análisis de datos.....	47
CAPÍTULO IV.....	49
4. Resultados y discusión.....	49
4.1. Resultados de la concentración de material particulado PM10, PM2.5.....	49
4.2. Resultados de los valores registrados de temperatura, humedad relativa y velocidad de viento.....	50
4.3 Resultados de correlación PM10 y parámetros meteorológicos.....	50
4.3.1 resultados de PM10 y variables meteorológicas.....	50
4.3.2 Resultados de PM2.5 y parámetros meteorológicos.....	59
4.4 Relación de PM10, PM2.5 y los parámetros meteorológicos.....	68
CAPÍTULO V.....	72
5. Conclusiones y recomendaciones.....	72
5.1 Conclusiones.....	72
5.2 Recomendaciones.....	72
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS.....	77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición química de la atmósfera.	22
Tabla 2 Descripción de los principales contaminantes atmosféricos químicos y sus fuentes.	25
Tabla 3 Ubicación de los Puntos de Monitoreo de la calidad de aire (PM10 Y PM2.5).....	40
Tabla 4 Número mínimo de estaciones según la OMS.	44
Tabla 5 Fechas de monitoreo de material particulado y variables meteorológicas.	45
Tabla 6 Temperatura (°C) en la Municipalidad Provincial de San Martín vs PM10 (ug/m3) en Municipalidad Provincial de San Martín.	51
Tabla 7 Humedad relativa (%) en la Municipalidad Provincial de San Martín vs PM 10 (ug/m3) en la Municipalidad Provincial de San Martín.	52
Tabla 8 Velocidad del viento (m/s) en la Municipalidad Provincial de San Martín vs PM10 (ug/m3) en Municipalidad Provincial de San Martín.	53
Tabla 9 Temperatura (°C) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS) vs PM10 (ug/m3) Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS).	54
Tabla 10 Humedad relativa (%) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS) vs PM10 (ug/m3) Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS).	55
Tabla 11 Velocidad del viento (m/s) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS) vs PM10 (ug/m3) Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS).	56
Tabla 12 Temperatura (°C) en la Pollería Light chicken vs PM10 (ug/m3) en la pollería Light chicken.	57
Tabla 13 Humedad relativa (%) en la Pollería Light chicken vs PM10 (ug/m3) en la Pollería Light chicken.	58
Tabla 14 Velocidad del viento (m/s) en la polleria Light chicken vs PM10 (ug/m3) en la pollería Light chicken.	59

Tabla 15 Temperatura (°C) en la Municipalidad Provincial de San Martín vs PM 2,5 (ug/m3) en Municipalidad Provincial de San Martín.	60
Tabla 16 Humedad relativa (%) en la Municipalidad Provincial de San Martín vs PM 2,5 (ug/m3) en Municipalidad Provincial de San Martín.	61
Tabla 17 Velocidad del viento (m/s) en la Municipalidad Provincial de San Martín vs PM 2,5 (ug/m3) en la Municipalidad Provincial de San Martín.	62
Tabla 18 Temperatura (°C) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS) vs PM2,5 (ug/m3) Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS).	63
Tabla 19 Humedad relativa (%) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS) vs PM 2,5 (ug/m3) Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS).	64
Tabla 20 Velocidad del viento (m/s) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS) vs PM 2,5 (ug/m3) Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS).	65
Tabla 21 Temperatura (°C) en la Pollería Light chicken vs PM2,5 (ug/m3) en la pollería Light chicken.	66
Tabla 22 Humedad relativa (%) en la Pollería Light chicken vs PM2,5 (ug/m3) en la Pollería Light chicken.	67
Tabla 23 Velocidad del viento (m/s) en la pollería Light chicken vs PM 2,5 (ug/m3) en la pollería Light chicken.	68
Tabla 24 Correlación de Pearson del PM10 y las variables meteorológicas.	68
Tabla 25 Correlación de Pearson de PM2.5 y variables meteorológicas.	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación Geográfica del Distrito de Tarapoto.	39
Figura 2 Comportamiento de PM10 y la temperatura en la MPSM.....	50
Figura 3 comportamiento de PM10 y la humedad relativa en la MPSM.	51
Figura 4 Comportamiento de PM10 y velocidad de viento en la MPSM.....	52
Figura 5 Comportamiento de PM10 y temperatura en el SEHS.....	53
Figura 6 comportamiento de PM10 y humedad relativa en el SEHS	54
Figura 7 comportamiento de PM10 y velocidad de viento en el SEHS.	55
Figura 8: Comportamiento de PM10 y temperatura en la Pollería Light Chicken.....	56
Figura 9 Comportamiento de PM10 y humedad relativa en la Pollería Light Chicken.	57
Figura 10: Comportamiento de PM10 y velocidad de viento en la pollería Light Chicken.	58
Figura 11 Comportamiento de PM2.5 y la temperatura en la MPSM.	59
Figura 12 Comportamiento de PM2.5 y humedad relativa en la MPSM.	60
Figura 13 Comportamiento de PM2.5 y la velocidad del viento en la MPSM.....	61
Figura 14 comportamiento de PM2.5 y la temperatura en el SEHS.....	62
Figura 15 Comportamiento de PM2.5 y la humedad relativa en el SEHS.	63
Figura 16 Comportamiento de PM2.5 y la velocidad de viento en el SEHS.	64
Figura 17 Comportamiento de PM2.5 y la temperatura en la pollería light Chicken.....	65
Figura 18 comportamiento de PM2.5 y humedad relativa en la pollería light Chiken.....	66
Figura 19 comportamiento de PM2.5 y la velocidad de viento en la pollería light chicken.	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Registro de monitoreo.....	77
Anexo 2 Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo (PM10 Y PM2.5).....	78
Anexo 3 Certificado de calibración del monitor de Atenuación Beta –E.BAM.....	79
Anexo 4 Documentos de autorización.....	80
Anexo 5 Panel fotográfico correspondiente a los monitoreos desarrollados en la fase de campo....	82

RESUMEN

Esta investigación se realizó con la finalidad de Evaluar la calidad del aire de material particulado (PM10 Y PM2.5) y su relación con la temperatura, humedad relativa y velocidad de viento. Como muestra se puede decir que se tomó el volumen de aire de monitoreo de las zonas más críticas de la ciudad para que la gama pueda alcanzar a toda la parte céntrica según el radio del monitor E-BAM. Para el análisis cuantitativo los datos fueron exportaron a través del software COMET y luego se utilizó una hoja de cálculo Excel 2013, y software SPSS versión 22 . Para el contraste de hipótesis se usó Correlación de Pearson.

Para la recolección de las muestras de material particulado PM 10 y PM 2.5 se utilizó el equipo monitor de atenuación beta modelo E-bam, el muestreo se evaluó por 9 días hábiles por 24 horas empleándose el método automático, las muestras fueron registradas cada 30 minutos con un registro de datos en tiempo real. El monitoreo se realizó a partir del 23 de octubre del 2018 y finalizó el 23 de noviembre del 2018. Dicha investigación muestra que la única relación reconocible mediante el método de Pearson fue entre el material particulado (PM10, PM2.5) y la velocidad de viento, en la cual se concluye que la relación que existe es inversa, esto quiere decir que a más velocidad de viento menor será la concentración de material particulado y viceversa.

Palabras clave: concentración, material particulado, temperatura, humedad relativa, velocidad de viento,

ABSTRACT

This investigation was carried out with the purpose of evaluating the air quality of particulate material (PM10 and PM2.5) and its relationship with temperature, relative humidity and wind speed. As a sample, it can be said that the volume of the monitoring air was taken from the most critical areas of the city so that the range could reach the entire centric part according to the radius of the E-BAM monitor. For the quantitative analysis the data were exported through the COMET software and then an Excel 2013 spreadsheet, and SPSS software version 22 was used. For the hypothesis test, Pearson correlation was used.

For the collection of PM 10 and PM 2.5 particle samples, the beta attenuation monitor model E-bam was used, the sampling was evaluated for 9 working days per 24 hours using the automatic method, the samples were recorded every 30 minutes with a record of data in real time. The monitoring was carried out on October 23, 2018 and ended on November 23, 2018. This research shows that the only relationship recognizable by the Pearson method was between the particulate material PM10, PM2.5 and the wind speed, in which it is concluded that the relationship that exists is inverse, the lower the wind speed the lower the concentration of particulate material and vice versa.

Key words: concentration, particulate matter, temperature, relative humidity, wind speed.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Identificación del problema

Teniendo en cuenta que problemas ambientales no sólo afectan a los ecosistemas, también afectan la salud de las personas, más aun las que se encuentran en estado de vulnerabilidad como niños, ancianos y mujeres embarazadas, esta investigación nos proporcionará información relevante sobre la relación que existe entre concentración de material particulado (PM10 y PM2.5) con los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad de viento) en el Cercado de la ciudad de Tarapoto y el grado de influencia de las variables meteorológicas

De acuerdo con Oyarzún (2010) la contaminación atmosférica es la presencia en la atmósfera de elementos contaminantes (tanto antropogénicos como naturales) que alteran su composición y que puede perjudicial a cualquier comunidad de seres vivos; siendo así, la contaminación del aire se ha convertido en una de las más grandes preocupaciones por el cual el planeta atraviesa.

La presencia en la atmósfera de este contaminante ocasiona variedad de impactos a la vegetación, materiales y el hombre, entre ellos, la disminución visual en la atmósfera, causada por la absorción y dispersión de la luz. Además, la presencia del material particulado está asociada con el incremento del riesgo de muerte por causas cardiopulmonares en muestras de adultos, según (Pope, 2004).

La meteorología también tiene influencia en la calidad del aire generalmente los contaminantes se elevan o flotan lejos de sus fuentes sin acumularse hasta niveles peligrosos. Los patrones de vientos, las nubes, la lluvia y la temperatura pueden afectar

la rapidez con que los contaminantes se alejan de una zona. Los patrones climáticos que atrapan la contaminación atmosférica valles o la desplacen por la tierra pueden, dañar ambientes limpios distantes de las fuentes originales, según (Chavez, 2009).

Se entiende por material particulado PM10, a una fracción gruesa mayor a 2.5 y menor a 10 micrones de diámetro y material particulado, pm2.5, a una fracción fina que considera las partículas de tamaño mejor o igual a 2.5 micrones. La fracción gruesa del PM10 está constituida por partículas inhalables que pueden penetrar en las vías respiratorias llegando sólo hasta la región torácica, ya que por su tamaño quedan retenidas en la parte superior del sistema respiratorio. En cambio, la fracción fina correspondiente a PM2.5, está compuesta por partículas suficientemente pequeñas que pueden penetrar en las vías respiratorias hasta llegar a los pulmones y alveolos, según (Hidalgo, 2015).

Las actividades humanas, por ejemplo, la industria y el movimiento vehicular, se consideran las principales fuentes de emisión de material particulado que, en conjunto con factores meteorológicos, hacen que el comportamiento del pm10 y pm2.5 varíe temporalmente de manera irregular en la atmósfera, según (Harrison, 2006).

El Perú no es ajeno a esta problemática, puesto que una investigación realizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) indicó que en la ciudad de Lima Metropolitana el grado de contaminación excedió los parámetros de la guía establecida; Lima presentaba 38 microgramos de PM 2,5 por metro cúbico, el estudio daba una clara diferencia en Lima Norte con 58 ug, Lima Este con 36 ug, y Lima Sur con 29 ug, siendo lo permitido 10 ug/m³ según la OMS, (Perú21, 2014).

En la región San Martín las emisiones de material particulado son emitidas en gran cantidad por los vehículos menores conformado por motos lineales y mototaxis, generando 157.43t/año de material particulado (PM), el cual presenta 67.74% del total de emisión de material particulado, según (MINAM, 2015).

Las enfermedades respiratorias a menudo están muy relacionadas a la contaminación ambiental, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales en todo el mundo ocasiona tres millones de muertes al año. Esta mortalidad es consecuencia a la exposición de pequeñas partículas que pueden causar cardiopatías, neumopatías y cáncer, según (OMS, 2016).

Teniendo en cuenta toda esta problemática mediante la Resolución Ministerial N°339 2012-MINAM, se determinó dieciocho (18) Nuevas Zonas de Atención Prioritaria para el diseño e implementación de planes de acción para la mejora de la calidad del aire, con la finalidad de proteger a la población de los problemas contaminación del aire, mediante el cumplimiento de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del aire, mediante el cumplimiento de los Estándares Nacionales de Calidad del Aire, en el ámbito geográfico de la cuenca atmosférica determinada

Las dos ciudades más pobladas de la región San Martín, como son Tarapoto y Moyobamba, han tenido un crecimiento demográfico relativamente mayor respecto al resto de ciudades. Ello ha conllevado a un mayor crecimiento urbano en conjunto con el incremento del transporte de mototaxis que por una parte genera oportunidad laboral pero también genera contaminación. El aumento del parque automotor en Tarapoto contribuye a degradar la calidad del aire causando consecuencias que afectan el bienestar de sus ciudadanos, según (INEI, 2017).

¿Existirá relación entre el material particulado (PM10 y PM2.5) y los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa, velocidad de viento) en el sector cercado de la ciudad de Tarapoto?

1.2 Objetivos de investigación

1.2.1 General

Evaluar la calidad del aire de material particulado (PM10 Y PM2.5) y determinar su relación con la temperatura, humedad relativa y velocidad de viento en el sector Cercado – Tarapoto, 2018

1.2.2 Específicos

- Determinar la concentración de material particulado PM10, PM2.5 en el sector Cercado de la ciudad de Tarapoto.
- Registrar los valores de temperatura, humedad relativa y velocidad de viento en el sector Cercado de la ciudad de Tarapoto
- Determinar la relación que existe entre la concentración de material particulado (PM10 y PM2.5) y los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad de viento) en el sector Cercado de la ciudad de Tarapoto.

1.3 Justificación de la investigación

Con el presente proyecto de investigación busca fomentar la responsabilidad frente a los problemas ambientales que estamos viviendo, así también intensificar actitudes y conciencia ambiental para que de esta manera se puedan tomar medidas preventivas o actividades que permitan disminuir los contaminantes del aire por debajo de los valores ya establecidos en el Índice Nacional de la Calidad del Aire.

Según la (OMS, 2012), la contaminación del aire de las ciudades y zonas campestre a nivel mundial provoca 3,7 millones de muertes prematuras cada año; esto es causa del material particulado (pm10 y pm2.5), que pueden causar enfermedades infecciones respiratorias agudas (IRAS) como también el cáncer, la cardiopatías y las neumopatías. Considerándose de este modo al PM2.5 el contaminante más perjudicial para la salud

De acuerdo al Plan de acción para la mejora de la calidad del aire en la zona de atención prioritaria de la cuenca atmosférica de San Martín realizado por el Ministerio del Ambiente en el 2015, en la región San Martín se ha incrementado la cantidad de vehículos motorizados, teniendo una tendencia de crecimiento de 12.94 en el año 2009 a 15.55 vehículos por cada 1000 habitantes en el año 2012. También se ha visto el incremento de la población, expandiéndose hacia las áreas de los distritos circundantes

Teniendo en cuenta que el cambio climático y la contaminación atmosférica son un problema de carácter socio ambiental y están obteniendo mayor relevancia en los últimos años, es necesario conocer el papel de los factores meteorológicos, saber el comportamiento de variables como la temperatura, humedad relativa y velocidad de viento y su relación con la contaminación por material particulado.

Los resultados de esta investigación permitirán a la población y autoridades competentes, elaborar estrategias con las cuales puedan minimizar el nivel de concentración de material particulado (PM10 y PM2.5) al que están presentes el sector Cercado, de esta manera tomar conciencia ambiental y promover medidas de prevención.

La estabilidad atmosférica también afecta el transporte y dispersión de los contaminantes del aire. Esta se origina por condiciones atmosféricas inestables. Generalmente, durante el día el aire cerca de la superficie de la tierra es más caliente y liviano que el aire en la atmósfera superior debido a la absorción de la energía solar. El aire caliente y liviano de la superficie sube y se mezcla con el aire frío y pesado de la atmósfera superior que tiene que bajar. Este movimiento constante crea condiciones inseguras dispersando el aire contaminado. Cuando hay una ligera mezcla vertical o no hay mezcla, los contaminantes se mantienen en la parte baja y tienden a aparecer en concentraciones máximas. La velocidad del viento puede afectar en gran medida la concentración de contaminantes en un área, mientras mayor sea, menor será la

concentración. El viento se genera por la diferencia en la presión atmosférica. La presión es el peso de la atmósfera en el punto indicado, La alta temperatura de una columna de aire determina el peso de la atmósfera. Debido a que el aire frío pesa más que el caliente, la masa de elevada presión está compuesta de aire frío y pesado. Por el contrario, una masa de baja presión de aire está formada por aire más caliente y liviano. Las diferencias de presión hacen que el aire se mueva de las áreas de alta presión a las de baja presión (CEPIS, 2005).

1.4 Presunción filosófica

La presente investigación está inducida al cuidado de medio ambiente y a los seres que en ella habitan, las presuposiciones filosóficas están basadas en una cosmovisión cristiana.

“En Génesis 1:1, menciona que en el principio creó Dios los cielos y la tierra. Por tanto, Dios es el dueño y creador de todo el universo (Salmos 24:1), nosotros somos forasteros y peregrinos en este mundo (Levítico 25:23). Dios dio al hombre el privilegio de administrar el planeta tierra, para cuidarlo, protegerlo y conservarlo mas no para destruirlo, nosotros somos los responsables del estado actual de nuestro planeta tierra entre ello está la contaminación del aire. En el libro de Génesis 2:15 menciona: Tomó, pues, Jehová Dios al hombre, y lo puso en el de Edén, para que lo labrara y lo guardase.”

En la actualidad existen varios tipos de contaminación ambiental que alteran al ecosistema y a la salud de las personas, entre ellas está la contaminación del aire que es causado por diferentes actividades diarias del hombre. De acuerdo con la Santa Biblia “En Jeremías 2:7 dice, Os introduje en la tierra de abundancia, para que comieras su fruto y sus bienes, pero entraste y contaminaste mi tierra, e hiciste abominable mi heredad.” Por lo tanto, todas nuestras acciones deben ser en favor al medio ambiente para prevenir

algunas enfermedades de nuestro prójimo causadas por algunos diversos tipos de contaminación.

CAPÍTULO II

2. Revisión de la literatura

2.1 La atmósfera

La atmósfera es la unión de gases transparentes de 640 kilómetros de espesor; que ha evolucionado a la composición actual durante millones de años, permitiendo el desarrollo en la vida. La mezcla de gases que conforman la atmósfera está conformada por el 78 por ciento de nitrógeno (N₂) y el 21 por ciento de oxígeno (O₂) aproximadamente, en porcentaje casi constante. El 1 por ciento restante se compone por gases traza, destacando los gases de efecto invernadero (GEI)-vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), ozono (O₃), entre otros-así como partículas volcánicas, polvos y humos. A pesar de este bajo porcentaje, estos gases desempeñan un papel fundamental en los procesos meteorológicos Su composición y estructura ayudan a la respiración de los seres vivos protegiendo de efectos perjudiciales de las radiaciones solares ultravioleta, según (Contreras, García, & Icaza, 2013).

Tabla 1: *Composición química de la atmósfera.*

Gas	Fórmula	Volumen (%)
Nitrógeno	N ₂	78
Oxígeno	O ₂	21
Argón	Ar	0.93
Dióxido de carbono	CO ₂	0.039
Neón	Ne	0.0008
Helio	He	0.0005
Metano	CH ₄	0.00017
Kriptón	Kr	0.0001
Óxido de nitroso	N ₂ O	0.00003
Bajo nivel de ozono(tropósfera)	O ₃	0.000001 a 0.00005
Alto nivel de ozono (estratósfera)	O ₃	0.000004 a 0.00002
Vapor de agua	H ₂ O	Variable

Fuente: Jiménez.2010

La atmósfera mantiene la temperatura de la tierra, impidiendo cambios bruscos que harían inhabitable el planeta. La atmósfera actúa como un filtro de la radiación

ultravioleta (UV) por sus distintas capas, permitiendo el paso de unas radiaciones e impidiendo el paso de otras.

2.2 Contaminación atmosférica y fuentes de emisión

La contaminación se define como cualquier modificación indeseable del ambiente, causada por la aparición de agentes físicos, químicos o biológicos (contaminantes) en el aire, que resulta nociva para la salud humana, daña los recursos naturales provocando alteración al sistema ecológico, según (Yassi, Kjellstrom, Kok, & Guidotti, 2002)

La OMS (2009) menciona que la evidencia científica ha mostrado que la exposición al material particulado (pm) suspendido en el aire tiene efectos perjudiciales para la salud de las personas, tanto en los países desarrollados como en desarrollo, existiendo una creciente evidencia de que las partículas más finas del material particulado (PM_{2.5}) tienen un impacto en la salud mayor. Los efectos de la salud son amplios, pero se producen particularmente en el sistema respiratorio cardiovascular afectando a toda la población.

Estudios epidemiológicos han llevado a cabo estimando la asociación existente entre la exposición a los contaminantes atmosféricos a corto y largo plazo, con la morbilidad y mortalidad. Un estudio realizado en China en el 2004 reportó que por el aumento de 10ug/m³ de PM₁₀ se incrementa un 0.4% la mortalidad cardiovascular y 0.6% la mortalidad pulmonar. En China en el 2012 se evaluó la asociación entre mortalidad por EPOC (Enfermedad Obstructiva Crónica) y la exposición a PM₁₀ como resultado se observó que el incremento de 10ug/m³ de PM₁₀ aumenta un 2,7 las hospitalizaciones y un 1.1% la mortalidad por EPOC, según (Robles, 2012).

Se entiende por contaminación atmosférica a la presencia de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para personas y bienes de cualquier naturaleza, existe contaminación atmosférica de origen natural, por erupciones

volcánicas, incendios, tormentas de arena, descomposición de la materia orgánica o polen, pero es a partir del descubrimiento del fuego por el hombre cuando aparece la contaminación atmosférica antropogénica o contaminación atmosférica en sentido estricto, la cual ha cobrado importancia, sobre todo a partir de la revolución industrial y el uso masivo de combustibles fósiles como fuente principal de energía, según (Aránguez, y otros, 1999).

Según Roberts (2009) los problemas de calidad del aire están relacionados con diferentes factores: geofísicos, meteorológicos y socioeconómicos, este último debido a la presión ejercida por el crecimiento de la economía y la población. Por lo tanto, la población, el desarrollo industrial y la dependencia por los motores de combustión interna explican el incremento sostenido de las emisiones gaseosas y material particulado, los cuales han sobrecargado la capacidad natural del aire para diluirlos. Siendo los contaminantes más importantes derivados de los combustibles fósiles (diésel, gasolina, petróleo y gas), que son los más usados por automóviles y buses antiguos en nuestro país y América Latina son: el material particulado de carbono (CO) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs). Todos estos compuestos componen lo que usualmente conocemos como humo vehicular.

Las causas que originan la contaminación son diversas, pero las actividades antropogénicas son los que más contribuyen al problema. Sin embargo, el grado de contaminación también está influenciado por otros factores, como el clima y la topografía.

El clima influye de manera decisiva en la persistencia de los contaminantes atmosféricos; el viento, la temperatura y la radiación solar modifican de manera drástica la dispersión y el tipo de contaminantes que puede haber en un determinado momento; la topografía influye en el movimiento de las masas de aire y por lo tanto en la persistencia de la contaminación en una determinada zona geográfica. La combinación de todos estos

factores determina finalmente la calidad del aire, según (Alvarado, Silva, & Cáceres, 2010).

Los contaminantes atmosféricos que existen en la atmósfera urbana, provienen de fuentes móviles (tráfico rodado) y de fuentes fijas de combustión (industrias, usos residenciales, climatización, y procesos de eliminación de residuos). Se diferencia entre contaminantes primarios y secundarios. Los primarios son los que proceden directamente de la fuente de emisión y los contaminantes secundarios se producen como resultado de las transformaciones, reacciones químicas y físicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la atmósfera, distinguiéndose como contaminación fotoquímica y acidificación de medio, según (Ferrán, 2005). Las características de estos contaminantes químicos y sus fuentes más importantes se resumen en la tabla 2.

Tabla 2: *Descripción de los principales contaminantes atmosféricos químicos y sus fuentes.*

Contaminante	Formación	Estado físico	Fuentes
Partículas en suspensión (PM10): PM10 Humos negros.	Primaria y secundaria	Sólido líquido	Vehículos Procesos industriales Humo de tabaco
Dióxido de azufre (SO ₂)	Primaria	Gas	Procesos industriales Vehículos
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Primaria y secundaria	Gas	Vehículos Estufas y cocinas de gas
Monóxido de carbono (CO)	Primaria	Gas	Vehículos combustiones en interiores Humo de tabaco
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	Primaria, secundaria	Gas	vehículos, industria, humo del tabaco combustiones en interiores
Plomo (Pb)	Primaria	Sólido (Partículas finas)	vehículos, industria
Ozono (O ₃)	Secundaria	Gas	Vehículos (Secundario a foto-oxidación de NO _X y COVs)

Fuente: *Escuela Valenciana de Estudios para la Salud, Unidad de Epidemiología, 2005*

Las principales fuentes emisoras de contaminantes, pueden ser clasificadas en:

A. Fuentes naturales: Por lo general, sólo una mínima fracción de los contaminantes de la atmósfera es emitida por fuentes naturales, entre éstas se encuentran las volcánicas y

las geológicas. En las zonas rurales, por ejemplo, el aire puede estar contaminado debido a procesos naturales como sucede en las regiones pantanosas o las que son vecinas a zonas geotérmicas, en donde abundan los compuestos derivados del azufre. En algunos casos, también puede haber en la atmósfera gases y vapores procedentes del subsuelo.

B. Fuentes antropogénicos: Se debe a las actividades industriales, el uso de automóviles y otros medios de transporte, los diferentes procesos de manufactura y la combustión de la basura, entre otros procesos producen diversas sustancias que pueden ser contaminantes del aire, incluyendo gases y humo. Estas fuentes se han clasificado en fijas y móviles.

Fuentes fijas: Son aquellos sitios en los que se efectúan procesos industriales, por ejemplo, las fábricas de pinturas y disolventes, los almacenes y las distribuidoras de gasolina o los establecimientos comerciales, cuyas emisiones sean contaminantes reales o potenciales.

Fuentes móviles. Las principales fuentes móviles de contaminación atmosférica son los vehículos con motor de combustión interna. Los contaminantes generados por estos vehículos son diferentes a los que proceden de fuentes fijas, según (Flores, 1997).

2.3 Material Particulado PM10 y PM2.5

De acuerdo Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), considera que las partículas PM10 son el material particulado de diámetro menor o igual a 10 micrómetros. Son las partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire, las cuales tienen diferente composición química. Se produce por la quema de combustibles o la quema de carbono o madera. Afecta al sistema respiratorio y cardiovascular. El material particulado (PM) que flota en el aire contiene amoníaco, sulfatos, carbón y polvo, es el que más afecta a las personas. Estas partículas son producidas principalmente por la construcción y las actividades industriales. La fracción respirable más pequeña conocida como material

particulado menor a 2,5 microgramos (PM 2,5), está constituida por partículas de diámetro menor a 2,5 micras, por partículas sólidas como el polvo y partículas líquidas que se encuentran en el aire, generadas principalmente por el parque automotor. Su tamaño hace que sean 100% respirables, penetrando así en el aparato respiratorio y depositándose en los alveolos pulmonares produciendo enfermedades respiratorias y problemas cardiovasculares. Los grupos más vulnerables a esos contaminantes son principalmente los niños, adultos mayores, personas con problemas respiratorios, según (INEI, 2016).

El material particulado es un indicador que se utiliza en la evaluación de la calidad del aire, el cual comprende una mezcla de sólidos y líquidos suspendidos en el aire. Las partículas cuyo diámetro aerodinámico es inferior a 10 micrómetros son tan pequeñas que pueden ingresar a los pulmones causando riesgos a la salud. Son generadas en los procesos de desintegración mecánica y por el polvo suspendido en las vías a causa del rodamiento de los vehículos, fracción que tiene por tanto un origen mayoritariamente natural. La fracción fina del PM10, son las partículas menores a 2.5 micrómetros, emitidas directamente en todos los procesos de combustión (incluyendo vehículos automotores, algunos procesos industriales, incendios forestales, termoeléctricas) y generadas también por transformación química en el aire de gases de combustión como los óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, al que se denomina material particulado secundario, según (Montoya, 2012).

Las partículas o material particulado, puede llegar a ser un elemento importante como factor contaminante en la atmósfera de una ciudad, una zona o sitio, pueden estar depositadas sobre el suelo, aunque generalmente flotan en el aire. El hecho de flotar en el aire se favorece principalmente debido a su tamaño ya que son muy pequeñas tanto que para hablar de su medida se utiliza el término micrómetro o micra, unidad de longitud

equivalente a la millonésima parte de un metro. Estas dimensiones las hacen ser sumamente ligeras, aspecto que se combina con su forma y con diversos factores de tipo climático entre los cuales está la temperatura del ambiente y los vientos. El material particulado es un problema de contaminación caracterizado por su movilidad. Cuando no hay viento las partículas pueden permanecer en el aire durante minutos u horas, en cambio, mientras haya viento constante podrían mantenerse durante días o semanas viajando por diversos territorios dejando rastros de su presencia en diversos sitios distintos a donde fueron originalmente generadas, según (Vicente & Silva, 2008).

2.4 Factores meteorológicos

2.4.1 Temperatura

La temperatura es una medida del movimiento de las partículas del medio. Un objeto tiene más o menos dependiendo de la velocidad de movimiento, o frecuencia de vibración, de las partículas que lo componen, según (SENAMHI, 2001).

Las emisiones producen penachos que varían con la clase de estabilidad atmosférica. La temperatura del ambiente, puede ser un factor que determina si las condiciones atmosféricas son estables o pueden producir grandes remolinos de turbulencia.

2.4.2 Humedad

Vapor contenido en la atmósfera como su estado en relación con el de saturación y es expresada en porcentaje.

El contenido de humedad del aire puede modificar las propiedades caloríficas del aire. Además, una atmósfera cargada de humedad produce mayores interacciones entre NO y SO_x que producen partículas. La disposición de estas partículas puede ser en forma seca, formando material particulado, que finalmente desciende a tierra. O puede ser en forma húmeda, en precipitaciones en forma de rocío, llovizna, lluvia, aguanieve, nieve, granizo. Permite que los ácidos formados por las reacciones químicas desciendan

con serios problemas para los bosques, la vida acuática y los edificios, según (Chávez, 2009).

2.4.3 Vientos

La dispersión de contaminantes de una fuente depende la cantidad de turbulencia en la atmósfera cercana. La turbulencia puede ser creada por el movimiento horizontal y vertical de la atmósfera. El movimiento horizontal es lo que comúnmente se llama viento. La velocidad del viento puede afectar en gran medida la concentración de contaminantes en un área. Mientras mayor sea la velocidad del viento menor será la concentración de contaminantes. El viento diluye y dispersa rápidamente los contaminantes en el área circundante, según (Moreano & Palmisano, 2012).

2.5 Efectos en la salud

Según estudios epidemiológicos declaran que la exposición a diferentes contaminantes ambientales, incluso a niveles por debajo de las normas internacionales, se asocian con un incremento en la incidencia de asma, severidad en el deterioro de la función pulmonar, así mismo la mayor gravedad en la aparición de enfermedades respiratorias de niños y adolescentes. Siendo la fuente principal de contaminantes los vehículos automotores, según (Pláceres, Bermejo, Navarro, & Rojo, 2004).

La creciente urbanización, el congestionamiento vehicular y los grandes costos de los medios de control han convertido en un problema crucial la contaminación del aire urbano. Los contaminantes y sus derivados pueden ocasionar efectos perjudiciales para la salud del ser humano, e interactuar y alterar las moléculas vitales para los procesos bioquímicos y fisiológicos del cuerpo humano. Las sustancias en las emisiones vehiculares pueden provocar efectos inflamatorios irritativos en el aparato respiratorio; las principales son: nitrógeno, ozono, oxidantes fotoquímicos, bióxidos de azufre y partículas, según (Romero, Diego, & Álvarez, 2006).

Los efectos de la contaminación del aire sobre la salud varían no sólo con intensidad y duración de la exposición a la que son sometidos los seres humanos, sino también con la edad y la condición sanitaria del individuo expuesto. La población expuesta a mayor riesgo incluye los niños y los ancianos, y a todas las personas que padezcan diabetes, o enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Los efectos en la salud a corto plazo son la irritación en los ojos, vías respiratorias, sinusitis, congestión nasal y tos. A mediano plazo estas dolencias pueden ser agravarse acarreado asma, bronquitis, neumonía, y en el caso de partículas más finas (PM_{2.5}) enfermedades cardiovasculares y cáncer pulmonar. El sistema respiratorio tiene varios niveles de defensa contra la invasión de cuerpos extraños. Las partículas grandes son filtradas por los pelos del conducto nasal y son retenidas por la mucosa que cubre la cavidad nasal y la tráquea. Las partículas grandes no pueden tomar las abruptas curvas del conducto nasal y, a causa de su inercia, chocan contra la pared de la cavidad nasal cuando el aire se precipita hacia los pulmones, según (Martín, 2005).

2.6 Equipo de atenuación beta E-BAM

El monitor E-BAM es un medidor beta portátil en tiempo real que es comparable a los métodos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EE.UU. Para mediciones de partículas PM 2.5 y PM 10. Este monitor se ha diseñado para satisfacer a los usuarios, a los reguladores y a los miembros de la comunidad de la salud ya que proporciona mediciones precisas y en tiempo real de partículas finas de forma automática, según (EPA, 2017).

El E-BAM automatiza la medición de partículas al muestrear y reportar continuamente los datos de concentración. Los registros de datos se actualizan cada minuto. Este monitor elimina el antiguo proceso de recolección de filtros y pesaje manual de filtros, y elimina la necesidad de instrumentos más costosos y de alto mantenimiento. Las mediciones de

concentración selectiva de tamaño se realizan usando una variedad de entradas de muestreo. El E-BAM se puede suministrar con entradas TPS (Partículas suspendidas totales), PM10, PM2.5, según (MetOneInstruments, 2017).

2.7 Estándares ambientales

- **Constitución Política del Perú**

Artículo 2°. Derechos fundamentales de la persona

En el inciso 22 el estado reconoce en calidad de derecho fundamental, el atributo subjetivo de “gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo” de la vida de la persona.

- **Ley Orgánica de Municipalidades N° 27972**

Artículo 73

d) Emitir las normas técnicas generales, en materia de organización del espacio físico y uso del suelo, así como sobre protección y conservación del ambiente.

Artículo 80.

1.2. Regular y controlar la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmósfera y el ambiente.

3.4. Fiscalizar y realizar labores de control respecto de la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmósfera y el ambiente.

Artículo 82.

13. Promover la cultura de la prevención mediante la educación para la preservación del ambiente.

- **Ley General de Salud N° 26842**

Artículo 103.-La protección del ambiente es responsabilidad de Estado y de las personas naturales y jurídicas, los que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los

estándares que, para preservar la salud de las personas, establece la Autoridad de Salud competente.

Artículo 104.- Toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua el aire o suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

Artículo 106.- Cuando la contaminación del ambiente signifique riesgo o daño a la salud de las personas, la Autoridad de Salud de nivel nacional distará las medidas de prevención y control indispensable para que cesen los actos o hechos que ocasionan dichos riesgos y daños.

- **Ley General del Ambiente N° 28611.**

Artículo 1.- Toda persona tiene derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

Artículo 31.- El Estándar de Calidad Ambiental- ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en sus condiciones de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

Artículo 118.- Las autoridades públicas, en el ejercicio de sus funciones y atribuciones, adoptan medidas para la prevención, vigilancia y control ambiental y epidemiológico,

a fin de asegurar la conservación, mejoramiento y recuperación de la calidad del aire, según sea el caso, actuando prioritariamente en las zona en las que se superen los niveles de alerta por la presencia de elementos contaminantes, debiendo aplicarse planes de contingencia para la prevención o mitigación de riesgos y daños sobre salud y ambiente.

- **Decreto Supremo N° 003-2017 - MINAM**

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelantela Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la citada Ley.

2.7 Antecedentes

Sierra (2006) en su tesis de investigación titulada. “*Establecer la asociación existente entre las variables meteorológicas temperatura, velocidad del viento y precipitación y las concentraciones de PM10 registradas en la Red de Calidad del Aire de Bogotá D.C*”. Universidad del Salle, Colombia. Señala que el objetivo principal, es “establecer la asociación existente entre las variables meteorológicas (temperatura, velocidad del viento y precipitación) y las concentraciones de PM10, registradas por las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, D.C.”, siendo la población de estudio las variables meteorológicas temperatura, velocidad del viento y precipitación y las concentraciones de PM10 , del mismo modo el diseño de investigación es de tipo descriptivo exploratorio y correlacional, en donde los resultados son los siguientes: “Del análisis muestra la relación que existir entre las variables meteorológicas y PM10 en la estación Merck, sin embargo la ausencia de datos y la estimación de los mismos hace que las relaciones obtenidas no tengan un nivel de confiabilidad alto, es por ello el análisis

de correlación entre PM10 y velocidad del viento, observándose un comportamiento inverso de las dos variables, a mayor PM10 menor velocidad del viento y viceversa, lo cual indica que tiene una relación directa”.

Vásquez (2018) en su tesis de investigación titulada. “*Contaminación atmosférica por PM10 y su relación con variables climatológicas en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018*”. Universidad Cesar Vallejo, Perú. Señala que el objetivo principal, es “determinar la relación de las variables climatológicas ante la contaminación atmosférica en el Centro poblado de Champamarca, 2018”, siendo la población de estudio el volumen de aire, del mismo modo el diseño de investigación es no experimental de tipo descriptivo y correlacional, en donde los resultados son los siguientes: “Se comprobó que la contaminación atmosférica por PM10 no tiene relación con las variables climatológicas, sino que existe una relación inversa media”.

Briones y Malaver (2015) en su tesis de investigación titulada. “*Concentración de material particulado PM10 y PM2.5 en la cuenca atmosférica de Cajamarca durante los años 2014 y 2015*”. Universidad Cesar Vallejo, Perú. Señala que el objetivo principal, es “determinar la concentración del material particulado PM10 y PM2.5 en relación a los ECAs del Aire, en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca, en los años 2014 y 2015”, siendo la población de estudio la cuenca Atmosférica de Cajamarca, del mismo modo el diseño de investigación es no experimental de tipo descriptivo y correlacional longitudinal, en donde los resultados son los siguientes: “se llegó a la conclusión que las concentraciones de material particulado PM 2.5 son altas y que sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, además los resultados obtenidos de PM 10 fueron inferiores a los preestablecidos en los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, a diferencia de los resultados de PM 2.5”.

Espinoza (2018) en su tesis de investigación titulada. “*Evaluación espacial y temporal del material particulado PM10 y PM2,5 en Lima Metropolitana para el periodo 2015-2017*”. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Señala que el objetivo principal, es “evaluar y analizar la distribución espacial y temporal (horario, mensual y multianual) de la concentración del material particulado PM10 y PM2,5 en Lima Metropolitana durante el periodo 2015-2017”, siendo la población de estudio la concentración de PM2,5, PM10 y variables meteorológicas, del mismo modo el diseño de investigación es no experimental de tipo descriptivo y correlacional longitudinal, en donde los resultados son los siguientes: “Los resultados muestran que los promedios diarios de PM10 sobrepasan significativamente los Estándares de Calidad Ambiental para aire (ECA) del Perú; así como los promedios anuales de PM10 y PM2,5 en casi todas las estaciones de monitoreo, superan significativamente el ECA y las guías de la OMS. La variación multianual del PM10 y PM2,5 muestran una tendencia descendente moderada para el PM10 y alta para el PM2,5 por lo tanto es necesario seguir aplicando medidas de control para evitar su incremento. Las zonas Norte, Sur y Este de Lima presentan los mayores valores de PM10 y PM2,5. La variación temporal de la temperatura del aire y velocidad del viento se correlacionan de forma negativa con las concentraciones del PM10 y PM2,5. La distribución espacial de las temperaturas del aire y dirección de vientos transportan el material particulado generado desde las Zonas Sur hacia las Zonas Norte y Este de Lima Metropolitana. Los valores de la relación PM2,5/PM10 para Lima Metropolitana, se encuentran en el rango de 0.40 (Zona Este) y 0.20 (Zona Sur) con un promedio para la ciudad de 0.33”

Teniendo en cuenta al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), de acuerdo a la investigación titulada “*Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana 2014*”, elaborado por (Sánchez, Ordóñez, Aliaga y Rojas, 2014). El

objetivo de este informe fue elaborar la caracterización de la contaminación del aire en Lima Metropolitana mediante la descripción de los valores horarios, diarios, semanales, mensuales y anuales, para la evaluación de la contaminación del aire en el año 2014 se tomó en cuenta el material particulado inhalable PM10 y el material particulado fino PM2.5, considerando las variables meteorológicas: altura de inversión térmica, temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento en Lima Metropolitana. El monitoreo se realizó mediante monitores automáticos, para material particulado (PM10), se usó el equipo PM10 Thermo TEOM1405 Microbalanza oscilatoria y para material particulado (PM2.5), se utilizó PM2.5 Thermo Beta 5014i Atenuación de rayos beta. El presente trabajo se realizó en la zona metropolitana de Lima (norte, sur, centro y este). Los distritos donde se ubicaron las estaciones de monitoreo fueron: Ate, San Borja, Jesús María, Santa Anita, Villa María, Huachipa, San Juan de Lurigancho, San Martín de Porres, Puente Piedra y Carabayllo. El resultado de las concentraciones horarias de PM2.5 fue mayores durante la mañana (de 6:00 a 12:00 horas) y la noche (de 19:00 a 23:00 horas). Esto, al igual que el PM10, estaría asociados a las horas en que la congestión vehicular es alta; ocasionado por el traslado de la población hacia sus centros de labores o de estudios y el retorno a sus viviendas. Las concentraciones de PM2.5 son alarmantes en las zonas norte y este de la ciudad de Lima, los distritos de Puente Piedra, Carabayllo y San Martín superaron en gran medida los $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ que decreta la normativa, con 225, 197 y 29 días de superación, respectivamente y en la zona este, las estaciones de Huachipa, San Juan de Lurigancho, Ate y Santa Anita registraron 230, 187, 90 y 5 días de superación, respectivamente.

(Padilla B. , 2016) en su tesis de investigación titulada *“Evaluación de la concentración de partículas menores a 10 micras y su influencia en las enfermedades respiratorias de la población del barrio Cercado Tarapoto, noviembre, 2015”*, señala

que el objetivo principal es “evaluar la concentración de partículas menores a 10 micras (PM10) y evaluar su influencia en las enfermedades respiratorias de la población del barrio Cercado, Tarapoto”, siendo el diseño no experimental, explicativo, de corte transversal, en donde los resultados son los siguientes: “Se comprobó que la concentración de PM10 registrada, en el período de medición, estuvieron por debajo de los Estándares de Calidad de Aire, no obstante la concentración registrada el último día de monitoreo ($142,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se encontró muy cercana al valor máximo establecido por la normativa ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pudiendo decirse que la calidad del aire es moderada”

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La presente investigación se desarrolló en el sector Cercado del Distrito de Tarapoto provincia y Departamento de San Martín; se encuentra ubicada en el valle de los ríos Cumbaza y Shilcayo, a 08° 07' de Latitud, 79° 01' de Longitud y a 350 m.s.n.m. de altitud.

Tarapoto tiene una superficie aproximada de 67,81 km² y sus límites son:

- Por el norte: Distritos de San Antonio de Cumbaza y Cacatachi.
- Por el sur: Distrito de Juan Guerra.
- Por el este: Distrito de la Banda de Shilcayo.
- Por el oeste: Morales

a. Ubicación geográfica

Coordenadas WGS 84 UTM Zona 18S

Este: 347788.

Norte: 9282487

Altitud (m.s.n.m): 350

Superficie: 67,81 km².

Las características del área de estudio se encuentran detalladas en la figura 1.

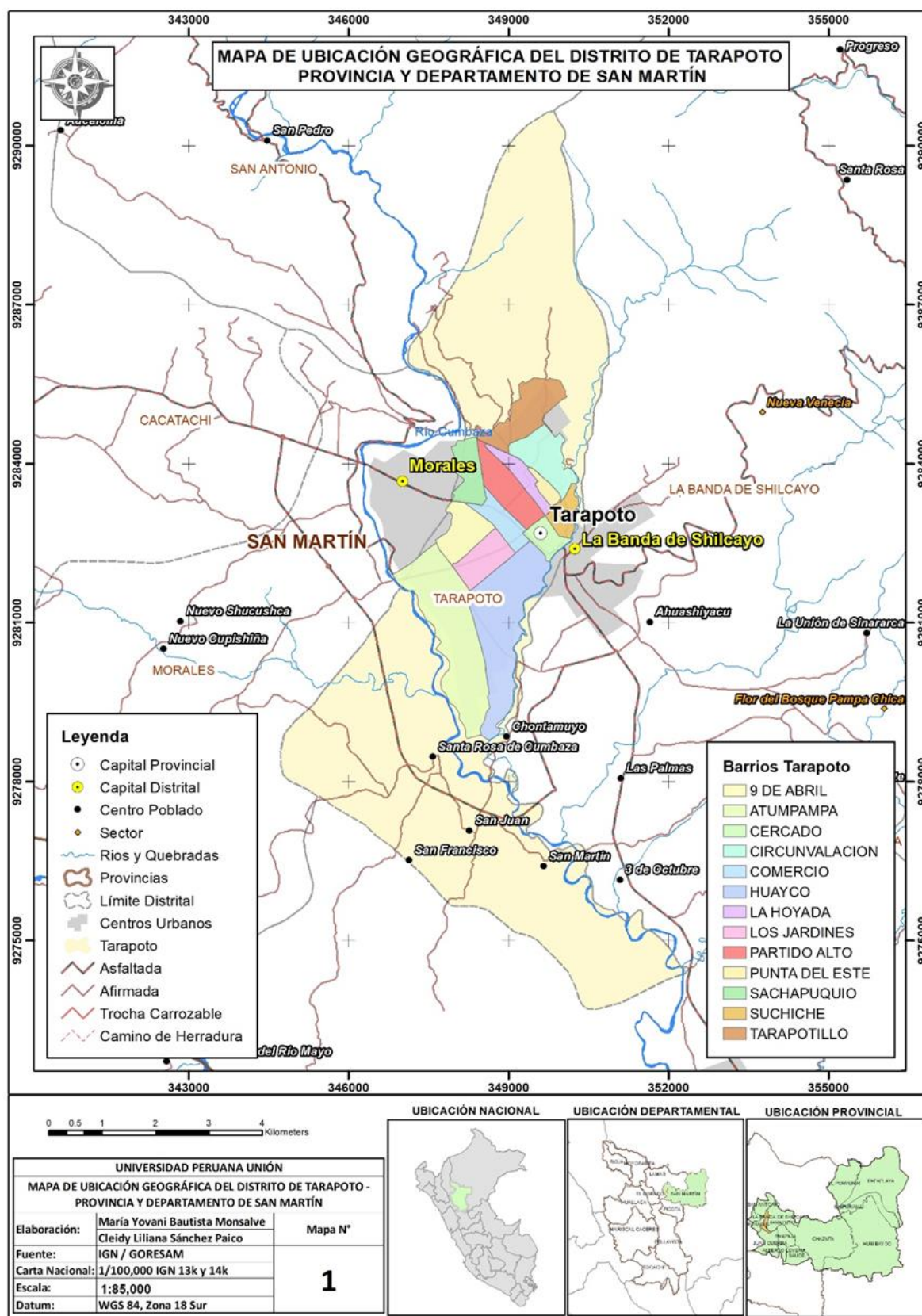


Figura 1: Mapa de ubicación Geográfica del Distrito de Tarapoto.

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.2 Descripción del área de estudio

La ejecución se desarrolló en Sector Cercado del Distrito de Tarapoto, la estación de monitoreo se colocó en los siguientes jirones: Jr. Ramón castilla N° 310, Jr. Gregorio Delgado N°263 y Jr. Rioja N° 100, con una latitud de 6° 30' 0" y una longitud 76°28' 0" a una altitud de 282 m.s.n.m. La temperatura promedio mensual es 30.6°C, la precipitación promedio mensual de 71.5 mm y una humedad relativa del 76% (SENAMHI, 2017).

3.2.1. Ubicación de los puntos de medición de calidad de aire (PM10 Y PM2.5)

Tabla 3: *Ubicación de los Puntos de Monitoreo de la calidad de aire (PM10 Y PM2.5).*

Punto	Ubicación	Dirección	Distrito/ provincia	Coordenadas UTM- WGS 84		Horas
				Este	Norte	
E1	Municipalidad Provincial de San Martín	Jr. Gregorio Delgado N°263	Tarapoto	349577	9282493	24 h
E2	Servicio Educativo Hogar y Salud	Jr. Rioja N° 100	Tarapoto	349721	9282806	24 h
E3	Pollería Light Chicken	Jr. Lima con Jr. Ramón castilla N° 310	Tarapoto	349310	9282624	24 h

Fuente: *Elaboración propia 2019.*

3.3. Diseño de la investigación

Dado que el objetivo de la investigación es “Evaluar la calidad del aire de material particulado (PM10 Y PM2.5) y su relación con la temperatura, humedad relativa y velocidad de viento el sector Cercado de la ciudad de Tarapoto, se recurrirá a un diseño no experimental de tipo transaccional.

Según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006), el diseño no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables, lo que se hace en este tipo de investigación es observar fenómenos tal y como se dan en un contexto natural, para después analizarlos los datos se recolectarán en un solo momento y un tiempo único, con

el propósito de describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

3.3.1. Tipo de Investigación

Según el propósito que se persigue investigación es de tipo descriptivo, ya que se caracteriza por describir las propiedades, características o fenómeno que se analiza. Es decir, se mide y se recoge la data de manera independiente para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de las variables meteorológicas. Correspondiente a un nivel Correlacional ya que se pretende evaluar el grado de relación que existe entre las variables meteorológicas y la contaminación del aire causado por material particulado PM10 y PM2.5. Este tipo de investigación es conocer cómo se comporta una variable identificando los comportamientos de las variables relacionadas. (Hernández R., Fernández C. & Baptista M., 2014).

3.3.2. Enfoque de la investigación

Según Hernández R., Fernández C. & Baptista M., 2014, El enfoque correspondiente a la presente investigación es cuantitativo, ya que los resultados serán evaluados determinándose el grado o índice de concentración de material particulado y de los resultados de las variables meteorológicas.

3.3 Hipótesis de la Investigación

HI-1. Existe relación entre los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad de viento) y el material particulado (PM10) en el sector Cercado de la ciudad de Tarapoto.

HO-1. No Existe relación entre los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad de viento) y el material particulado (PM10) en el sector Cercado de la ciudad de Tarapoto.

HI-2. Existe relación entre los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad de viento) y el material particulado (PM 2.5) en el sector Cercado de la ciudad de Tarapoto.

H0-2. No Existe relación entre los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad de viento) y el material particulado (PM2.5) en el sector Cercado de la ciudad de Tarapoto.

3.5. Descripción de Variables

3.5.1. Variable independiente

- Factores meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad de viento)

3.5.2. Variable dependiente

- Concentración de material particulado (PM10 y PM2.5)

3.6 Matriz de consistencia y Operacionalización de variables

Evaluación de la calidad del aire (PM10 y PM2.5), en relación a los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad de viento) en el sector cercado - Tarapoto, 2018					
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
VARIABLES METEREOLÓGICAS	Toda propiedad o condición de la atmósfera, cuyo conjunto define el estado físico del tiempo o del clima de un lugar determinado, para un momento o un periodo de tiempo dados, las variables meteorológicas, que se puede considerar una variable la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, dirección del viento (UNC, 2014)	Se tomaron los datos mediante el equipo de monitor E-BAM para procesar los datos y establecer los diagramas meteorológicos a tiempo real y determinar las variables meteorológicas del área de estudio	TEMPERATURA	T máxima	°C (Celsius)
				T mínima	
			HUMEDAD	H máxima	% (Porcentaje)
				H mínima	
			VIENTO	Velocidad	m/s
			CONCENTRACIÓN PM 2.5	La calidad del aire viene determinada por la presencia en la atmósfera de contaminantes atmosféricos que pueden ser material particulado o contaminantes gaseosos. La normativa vigente en materia de calidad del aire establece unos estados de alerta de calidad de aire en la protección de la salud y de los ecosistemas (MINAN 2015).	Para el recojo de datos del monitor E-BAM (PM2.5) Método para determinar la contaminación del aire es por medio del "Protocolo de monitoreo de calidad de aire" elaborado por EPA donde establece la metodología para el muestreo.
Concentración Mínima					
Estados de Calidad de Aire PM 2.5	Estado Bueno	0 - 12.5 ug/m3			
	Estado Moderado	12.6 - 25 ug/m3			
	Estado Malo	25.1 - 125 ug/m3			
	Estado Umbral de cuidado	>125 ug/m3			
CONCENTRACIÓN PM10	La calidad del aire viene determinada por la presencia en la atmósfera de contaminantes atmosféricos que pueden ser material particulado o contaminantes gaseosos. La normativa vigente en materia de calidad del aire establece unos estados de alerta de calidad de aire en la protección de la salud y de los ecosistemas (MINAN 2015).	Para el recojo de datos del monitor E-BAM (PM10) Método para determinar la contaminación del aire es por medio del "Protocolo de monitoreo de calidad de aire" elaborado por EPA donde establece la metodología para el muestreo.	Concentración de masa PM 10	Concentración máxima	ug/m3
				Concentración Mínima	
			Estados de Calidad de Aire PM10	Estado Bueno	0 - 75 ug/m3
				Estado Moderado	76 - 150 ug/m3
				Estado Malo	151 - 250 ug/m3
				Estado Umbral de cuidado	>250 ug/m3

3.7. Población y muestra

3.7.1. Población

Población está compuesta por el volumen del aire del sector cercado Tarapoto 2018.

Muestra la muestra está compuesta por un caudal total muestreado en un lapso de 9 días. El flujo de aire con el que trabaja el E-BAM es de 16.7 LPM lo cual es equivalente a 1m³/hr

. Teniendo así un total de 216 m³ de aire muestreado.

3.8. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos se consideró la guía establecida por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) teniendo en cuenta los siguientes pasos:

3.8.1 Identificación de la zona y selección del número mínimo de estaciones

Para la identificación de los puntos de monitoreo se realizó una primera salida de campo de reconocimiento del área y seleccionar de los puntos a monitorear según guía de estándares de calidad del aire de la organización mundial de la salud (OMS).

Una vez conocido los puntos de monitoreo se utilizó un GPS Garmin para sacar las coordenadas de cada estación a base de eso se realizó el mapa de ubicación de muestreo.

Tabla 4: *Número mínimo de estaciones según la OMS.*

Población (millones)	urbana	Parámetros de monitoreo					Meteorológicos
		PM-10	SO ₂	Nox	Oxidantes	CO	
Menos de 1		2	4	1	1	1	1
1 - 4		5	5	2	2	2	2

Fuente: *Organización Mundial de la Salud (OMS), 2009*

Se evaluó 9 días por 24 horas, los días fueron durante el mes de octubre y noviembre del 2018

Tabla 5: Fechas de monitoreo de material particulado y variables meteorológicas.

Puntos de monitoreo	Fechas de monitoreo
Municipalidad Provincial de San Martín	23/10/2018
	24/10/2018
	25/10/2018
Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)	05/11/2018
	06/11/2018
	07/11/2018
	20/11/2018
Pollería Light chicken	21/11/2018
	22/11/2018

Fuente: *elaboración propia, 2019.*

3.8.2 Selección del sitio de muestreo

Para la selección del sitio de muestreo se tuvo en cuenta los sitios localizados de puntos en las áreas de mayor concentración, ya sea de fuentes móviles o de múltiples fuentes estacionarias.

Según el (EPA) El monitor E-BAM debe estar cerca de la zona de respiración de las personas. Sin embargo, por consideraciones prácticas, tales como, la prevención de vandalismo, por seguridad, adecuada accesibilidad, disponibilidad de electricidad, el E-BAM fue instalado en azoteas. La toma de aire de entrada del E-BAM fue ubicado entre 2-15 metros sobre el nivel del suelo.

3.8.3 Criterios de ubicación o instalación del equipo monitor E-bam.

- El monitor de atenuación beta se ubicó en un lugar cerca de la zona de respiración de las personas.
- El E-bam se colocó a 2 metros de distancia como mínimo de separación entre las paredes de los edificios.
- Una vez instalado el E-BAM a una altura mayor a 3 metros fue apernado en forma segura en su lugar de emplazamiento, para prevenir una caída en forma accidental desde una altura mayor a 3 metros.

- El monitor E-BAM fue ubicado en áreas pavimentadas para tener un mejor resultado.

3.8.4 Instalación y Armado del Monitor E-bam.

Existen seis pasos básicos para armar un monitor E-BAM:

- Armado del trípode
- Remover el tapón de plástico rojo desde el tubo de entrada y colocar el Tubo Adaptador corto de aluminio.
- Tomar el cabezal de muestreo PM10 o PM2.5 y colocarlo sobre el Tubo Adaptador corto.
- Instalar el brazo de soporte en el tubo ubicado en la parte superior del trípode y fijarlo atornillando los dos pernos.
- Enganchar el sensor de temperatura a un brazo del tubo de soporte y conectar el conector del cable de señal.
- Configurar la operación de muestreo.

3.8 Muestreo para la concentración de material particulado (PM10 Y PM2.5)

Para la recolección de las muestras de material particulado PM 10 y PM 2.5 se utilizó el equipo monitor de atenuación beta modelo E-bam, el muestreo se evaluó por 9 días hábiles por 24 horas empleándose el método automático, las muestras fueron registradas cada 30 minutos con un registro de datos en tiempo real. El monitoreo se realizó a partir del 23 de octubre del 2018 y finalizó el 23 de noviembre del 2018.

3.9 Muestreo para las variables meteorológicas

Para el monitoreo meteorológico se utilizó el Equipo monitor de atenuación Beta que registro los datos en tiempo real de forma automática al mismo tiempo con la captación del material particulado. Los cuales fueron registrados en cada ficha de muestreo de cada

variable. Los datos meteorológicos fueron registrados cada media hora para realizar la respectiva relación con el material particulado PM10 Y PM2.5.

Este instrumento está formado por un anemómetro, sensores de temperatura y humedad y se colocó un sensor en el equipo para medir la dirección del viento. Una vez adquirido los resultados fueron exportados a Microsoft para ser evaluados.

3.10 Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó los siguientes instrumentos:

Monitor de atenuación beta E-BAM, GPS Garmin

Materiales de campo

- Cable eléctrico
- Cinta aislante
- Plástico
- Casco
- Chaleco de seguridad
- Estabilizador
- Laptop

a. Insumos

- Software Argis, versión 10.2
- software COMET System versión 4
- Microsoft Excel versión 2016.
- SPSS versión 22.

3.11 Validación y confiabilidad de instrumentos

- Certificado de calibración Monitor de atenuación beta E-BAM

3.12 Métodos de análisis de datos

Para el análisis cuantitativo los datos fueron exportaron a través del software COMET y luego se utilizó una hoja de cálculo Excel 2013, y software SPSS versión 22

Para el contraste de hipótesis se usó Correlación de Pearson.

- Temperatura VS Concentración de material particulado PM10
- Humedad relativa VS Concentración de material particulado PM10
- Velocidad del Viento VS Concentración de material particulado PM10
- Temperatura VS Concentración de material particulado PM2.5
- Humedad relativa VS Concentración de material particulado PM 2.5
- Velocidad del Viento VS Concentración de material particulado PM 2.5

CAPÍTULO IV

4. Resultados y discusión

4.1. Resultados de la concentración de material particulado PM10, PM2.5

Tabla 6: *Promedios diarios de concentraciones de material particulado en los 3 puntos de monitoreos en el sector Cercado de la ciudad de Tarapoto.*

ESTACIONES	Fechas	PM10 (ug/m3)	PM2.5 (ug/m3)
Municipalidad Provincial de San Martín	23/10/2018	37.52	43.02
	24/10/2018	35.88	37.92
	25/10/2018	25.54	28.02
Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)	05/11/2018	25.15	32.96
	06/11/2018	23.62	32.48
	07/11/2018	24.32	28.26
Pollería Ligth Chicken	20/11/2018	16.06	18.81
	21/11/2018	19.50	25.27
	22/11/2018	17.62	31.46

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

En la tabla N° 6 se observa que los valores registrados tanto PM10 y PM2.5 no sobrepasan los valores establecidos en el DS 003-2017-MINAM. Sin embargo, se obtuvieron valores de material particulado PM2.5 en la Municipalidad Provincial de San Martín que de acuerdo INCA presenta una calidad “mala” excepto el día 20 de noviembre el cual se presentó una concentración de 18 ug/m3.

4.2. Resultados de los valores registrados de temperatura, humedad relativa y velocidad de viento

Tabla 7: Promedios diarios las variables meteorológicas en los 3 puntos de monitoreos en el sector Cercado de la ciudad de Tarapoto.

ESTACIONES	Fechas	Temperatura (C°)	Humedad relativa (%)	Velocidad de viento (m/s)
Municipalidad	23/10/2018	27.42	40.83	1.83
Provincial de San Martín	24/10/2018	26.79	41.17	1.77
	25/10/2018	27.52	39.12	2.30
Servicio Educacional	05/11/2018	27.75	38.06	2.18
Hogar y Salud (SEHS)	06/11/2018	27.16	41.58	2.20
	07/11/2018	26.71	42.42	2.34
	20/11/2018	25.73	45.79	1.58
Pollería Ligth Chicken	21/11/2018	29.53	33.77	1.80
	22/11/2018	28.38	36.10	2.11

En la tabla N° 7 se presentan los valores diarios registrados de las variables meteorológicas.

4.3 Resultados de correlación PM10 y parámetros meteorológicos

4.3.1 Resultados de PM10 y variables meteorológicas

4.3.1.1 resultados de la de estación 1 – MPSM (23 -26 de octubre)

a. Comportamiento PM10 y temperatura

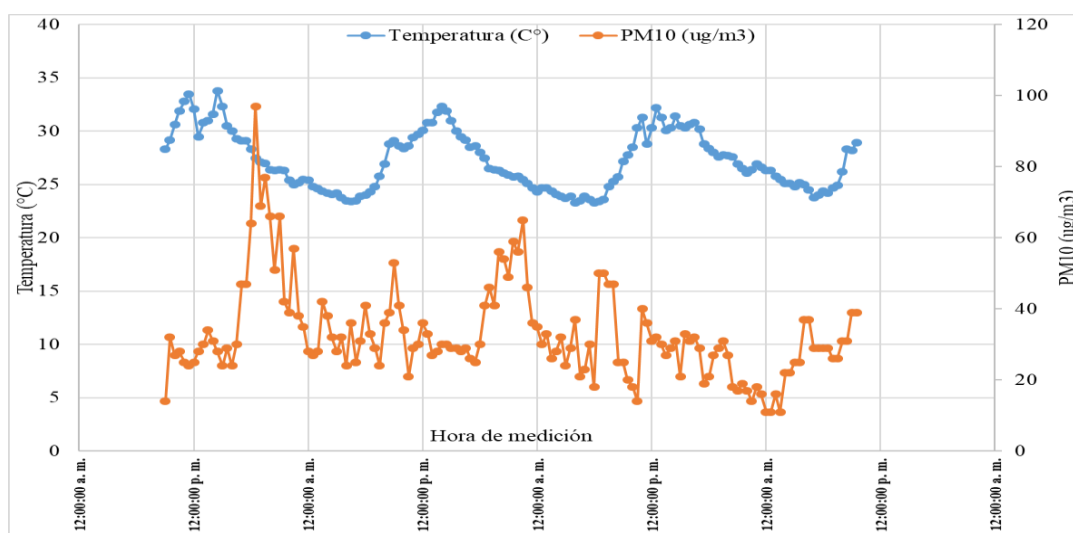


Figura 2. Comportamiento de PM10 y la temperatura en la MPSM

En la figura N° 02 se observa que la temperatura presenta un valor mínimo de 23.3 °C el día 25/10/2018 en el horario de 04:00 a.m. y 06:00 a.m. y presenta un valor máximo de 33.8°C el día 23/10/2018 en el horario de 02:30 p.m. En el caso de material particulado PM10 el valor mínimo fue de 11 ug/m3 fue en el día 26/10/2018 a las 12:00 a.m., 12:30 a.m. y 01:30 a.m., mientras que el valor máximo fue de 97 ug/m3 el día 23/10/2018 a las 06:30 p.m.

Tabla 8: *Temperatura (°C) en la Municipalidad Provincial de San Martín vs PM10 (ug/m3) en Municipalidad Provincial de San Martín.*

		Temperatura (°C) en la Municipalidad Provincial de San Martín
PM10 (ug/m3) en la Municipalidad Provincial de San Martín	Correlación de Pearson	-,105
	Sig. (bilateral)	,206
	N	146

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

En la tabla N° 8 la relación entre la el material particulado PM10 y la temperatura en la Municipalidad Provincial de San Martín es inversa porque la correlación de Pearson es de -0.105 lo cual indica que es una correlación negativa muy baja.

b. PM10 y Humedad relativa

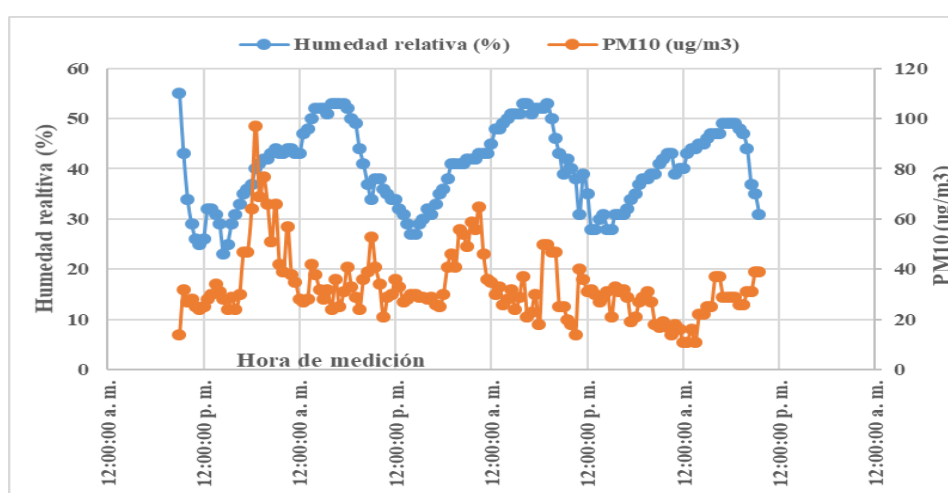


Figura 3. Comportamiento de PM10 y la humedad relativa en la MPSM.

En la Figura N° 03 se observa que la Humedad Relativa registró un valor mínimo de 23 % el día 23/10/2018 a las 2:30 pm mientras que el valor máximo fue de 55% el 23/10/2018 a las 09:00 a.m.

Tabla 9: Humedad relativa (%) en la Municipalidad Provincial de San Martín vs PM 10 (ug/m3) en la Municipalidad Provincial de San Martín.

		Humedad relativa (%) en la Municipalidad Provincial de San Martín
PM10 (ug/m3) en la Municipalidad Provincial de San Martín	Correlación de Pearson	,065
	Sig. (bilateral)	,437
	N	146

Fuente: elaboración propia, 2019.

En la tabla N° 9 la relación entre el material particulado PM10 y la humedad relativa durante los 3 días de monitoreo en la MPSM es de 0.065 lo cual indica que es una correlación positiva muy baja, casi nula.

c. PM10 y Velocidad de viento

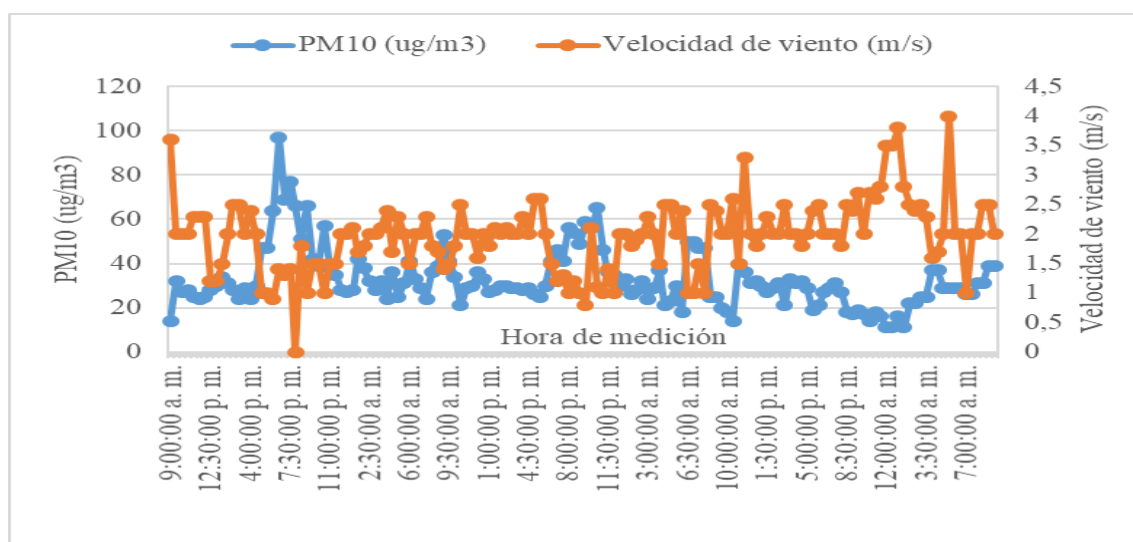


Figura 4. Comportamiento de PM10 y velocidad de viento en la MPSM.

En la figura N° 04 el valor mínimo de velocidad de viento fue de 0.8 m/s el día 24/10/2018 a las 09:30 p.m. Mientras que el valor máximo fue de 4 m/s del día 26/10/2018 a las 05:30 a.m.

Tabla10: Velocidad del viento (m/s) en la Municipalidad Provincial de San Martín vs PM10 (ug/m3) en Municipalidad Provincial de San Martín.

		Velocidad de viento (m/s) en la Municipalidad Provincial de San Martín
PM10 (ug/m3) en la Municipalidad Provincial de San Martín	Correlación de Pearson	-,703**
	Sig. (bilateral)	,000
	N	146

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: *elaboración propia, 2019*

En la tabla N° 10 la relación entre el material particulado PM10 y la velocidad de viento durante los 3 días de monitoreo en la MPSM fue de - 0.703 el cual indica que existe una correlación negativa alta

4.3.1.2 Resultados de la Estación 2 – SEHS (5 – 8 de noviembre)

d. PM10 y temperatura

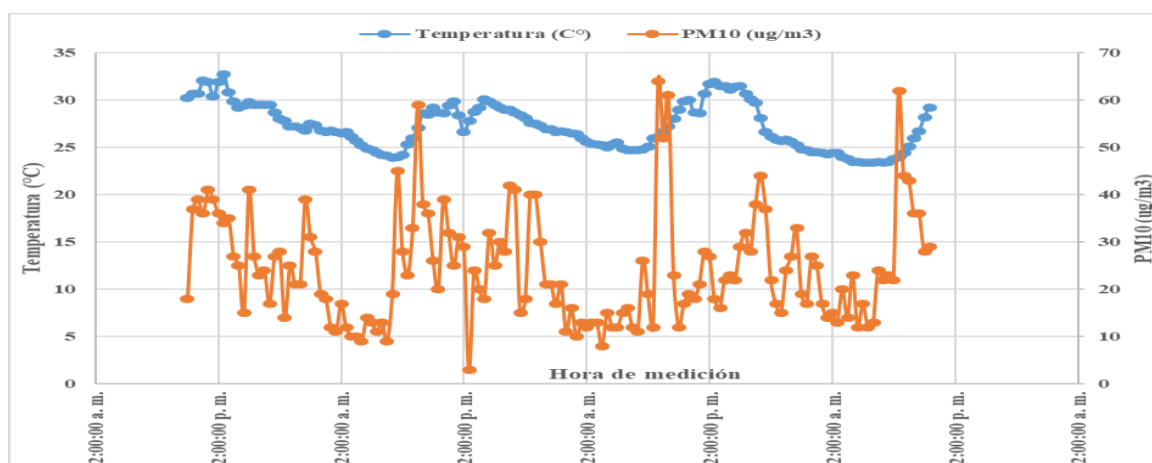


Figura 5 Comportamiento de PM10 y temperatura en el SEHS.

En la figura N° 05 se observa que la Temperatura registró un valor mínimo de 23.4°C el 08/11/2018 en el horario de 03:00 a.m., 03:30 a.m., 04:00 a.m. y 05:00 a. m. mientras que el valor máximo fue de 32.7°C el día 05/11/2018 a las 12:30 p.m. Mientras que para el PM10, el valor mínimo fue de 2.9 ug/m3 se registró el día 06/11/2018 a las 12:30 p.m. en cuanto al valor máximo fue de 64 ug/m3 del 07/11/2018 a las 07:00 a.m.

Tabla 11: *Temperatura (°C) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS) vs PM10 (ug/m3) Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS).*

		Temperatura (°C) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)
PM10 (ug/m3) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)	Correlación de Pearson	,277**
	Sig. (bilateral)	,001
	N	146

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la tabla N°11 la relación que existe entre el material particulado PM10 y la temperatura durante los 3 días de monitoreo en el SEHS fue de 0.277 lo cual significa que existe una correlación positiva baja.

e. PM10 y Humedad relativa

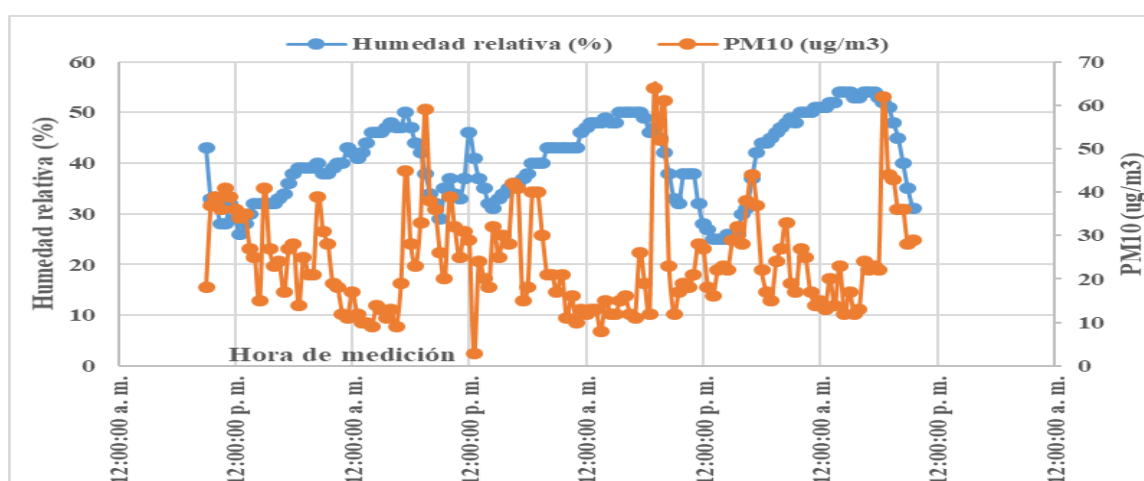


Figura 6. Comportamiento de PM10 y humedad relativa en el SEHS.

En la figura N° 06 se observa que la Humedad relativa presenta un valor mínimo de 25% el día 07/11/2018 a la 01:00 p.m., 01:30 p.m., 02:00 p.m. y 03:00 p.m. En cuanto al valor máximo fue de 54% el 08/11/2018 a las 02:00 am, 02:30 am, 03:00 am, 04:30 am, 05:30 am y 05:30 am

Tabla 12: Humedad relativa (%) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS) vs PM10 (ug/m3)

Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS).

	Correlación de Pearson	Humedad relativa (%) en el Servicio Educativo Hogar y Salud (SEHS)
PM10 (ug/m3) en el Servicio Educativo Hogar y Salud (SEHS)	Sig. (bilateral)	-,263**
	N	,001
		146

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

En la tabla N° 12 la relación y el material particulado PM10 y la humedad relativa durante los 3 días de monitoreo en el SEHS fue de -0.263 lo cual indica que existe una correlación negativa baja

f. PM10 y Velocidad de viento

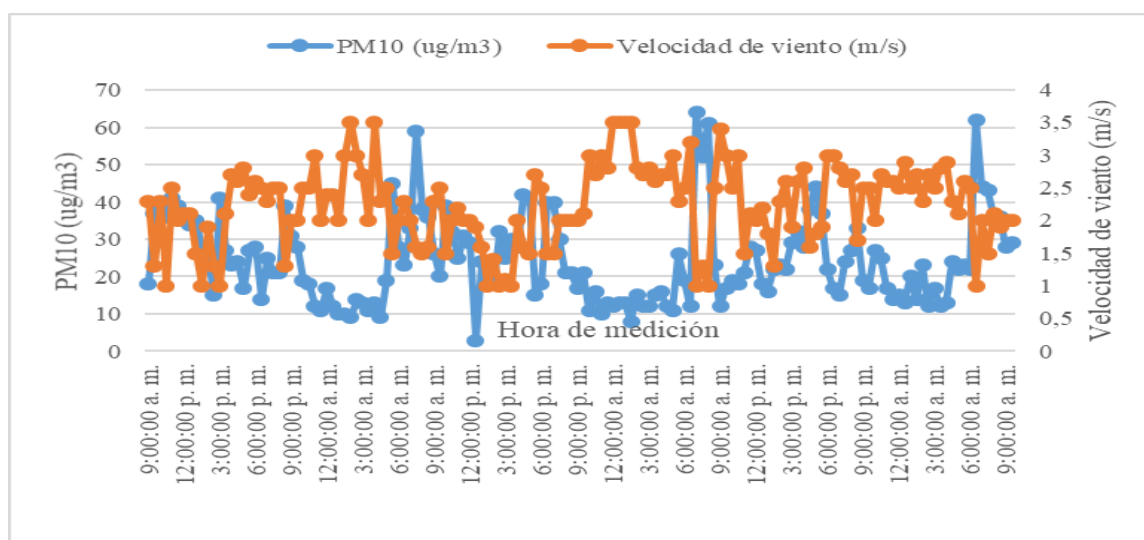


Figura 7. Comportamiento de PM10 y velocidad de viento en el SEHS.

En la figura N° 7 el valor mínimo para la velocidad de viento fue de 1 m/s el día 05/11/2018 a las 10:30 a.m., 01:30 p.m., 03:00 p.m. El día 06/11/2018 a la 01:00 p.m., 02:00 p.m., 03:30 p.m., el día 07/11/2018 a las 07:00 a.m. y 08:00 a.m. también el día 08/11/2018 a las 06:00 a.m. Mientras que el valor máximo fue de 3.5 m/s el día

06/11/2018 a las 02:00 a.m., 04:00 a.m., el día 07/11/2018 a las 12:00 a.m., 12:30 a.m., 01:00 p.m., 01:30 p.m.

Tabla 13: *Velocidad del viento (m/s) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS) vs PM10 (ug/m3)*

Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS).

		Velocidad de viento (m/s) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)
PM10 (ug/m3) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)	Correlación de Pearson	-,683**
	Sig. (bilateral)	,000
	N	146

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la tabla N°13 la relación que existe entre el material particulado PM10 y la velocidad de viento en el SEHS fue de -0.683 lo significa que existe una correlación negativa moderada.

4.3.1.3 Resultados de la Estación 3 – Pollería Light Chicken (20-23 de noviembre)

g. PM10 y temperatura

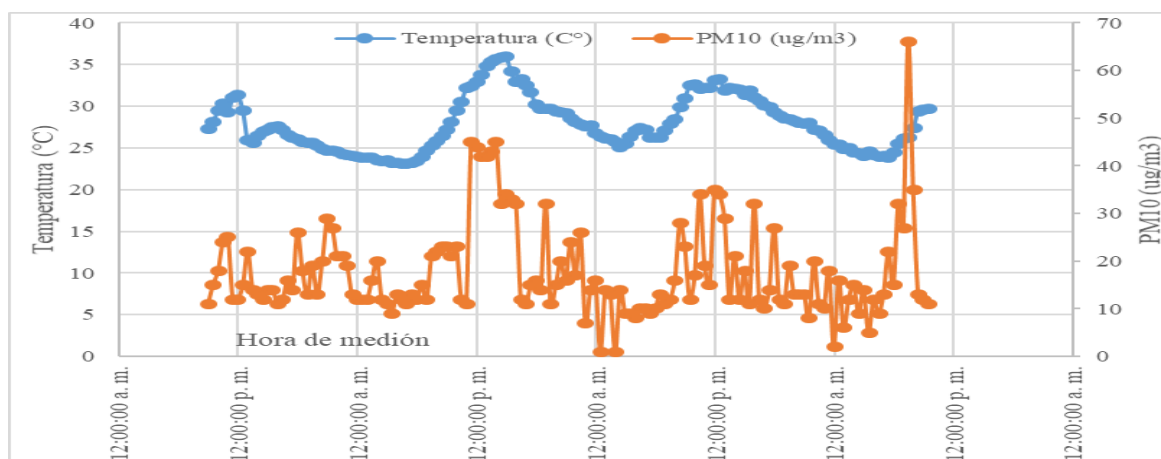


Figura 8. Comportamiento de PM10 y temperatura en la Pollería Light Chicken.

En la figura N° 8 se observa que el valor mínimo para la Temperatura fue de 23.1 °C del 21/11/2018 a las 04:30 a.m. y a las 05:00 a.m., mientras que el valor máximo fue de 36 °C del mismo día a las 03:00 p.m. Mientras que para el PM10 el valor mínimo fue

de 1 ug/m³ el 22/11/2018 a las 12:30 a.m. y a las 02:30 a.m. en cuanto al valor máximo fue de 66 ug/m³ del día 23/11/2018 a las 07:30 a.m.

Tabla 14: Temperatura (°C) en la Pollería Light chicken vs PM10 (ug/m³) en la pollería Light chicken.

		Temperatura (°C) en la Pollería Light chicken
PM10 (ug/m ³) en la pollería Light chicken	Correlación de Pearson	,439**
	Sig. (bilateral)	,000
	N	146

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la tabla N° 14 la relación que existe entre el material particulado PM10 y la temperatura durante los 3 días que se hizo el monitoreo en la Pollería Light Chicken fue de 0.439 lo cual significa que existe una correlación positiva moderada.

h. PM10 y Humedad relativa

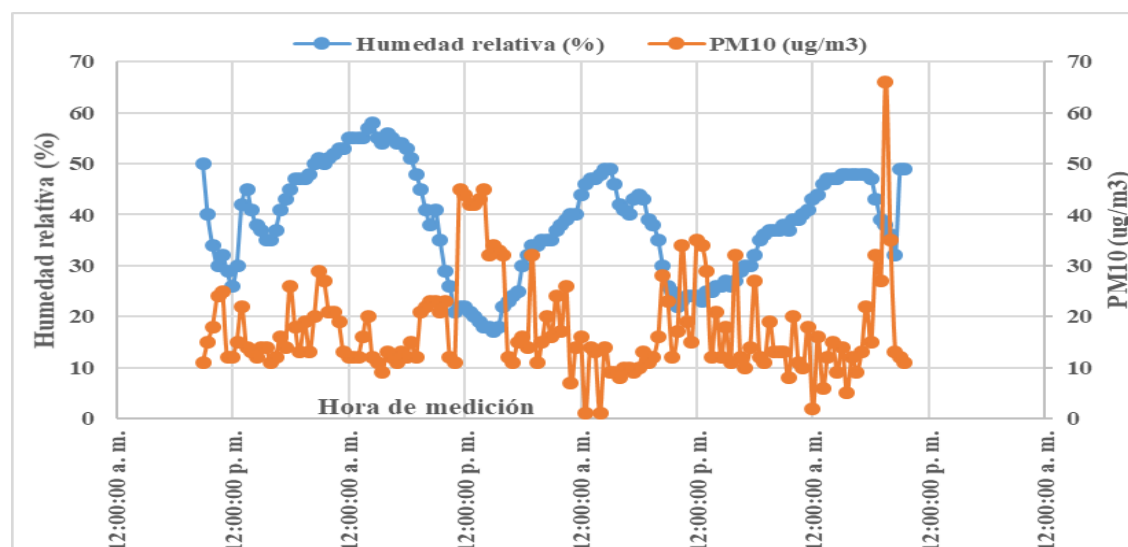


Figura 9: Comportamiento de PM10 y humedad relativa en la Pollería Light Chicken.

En la figura N° 09 la Humedad relativa registró un valor mínimo de 17% el día 21/11/2018 a las 03:00 pm y un valor máximo de 58% del mismo día a las 2:30 am.

Tabla 15: *Humedad relativa (%) en la Pollería Light chicken vs PM10 (ug/m3) en la Pollería Light chicken.*

		Humedad relativa (%) en la Pollería Light chicken
PM10 (ug/m3) en la Polleria Light chicken	Correlación de Pearson	-,447**
	Sig. (bilateral)	,000
	N	146

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la tabla N°15 la relación que existe entre el material particulado PM10 y la humedad relativa durante los 3 días que se hizo el monitoreo en la Pollería Light Chicken fue de -0.447 lo cual significa que existe una correlación negativa moderada.

i. PM10 y Velocidad de viento

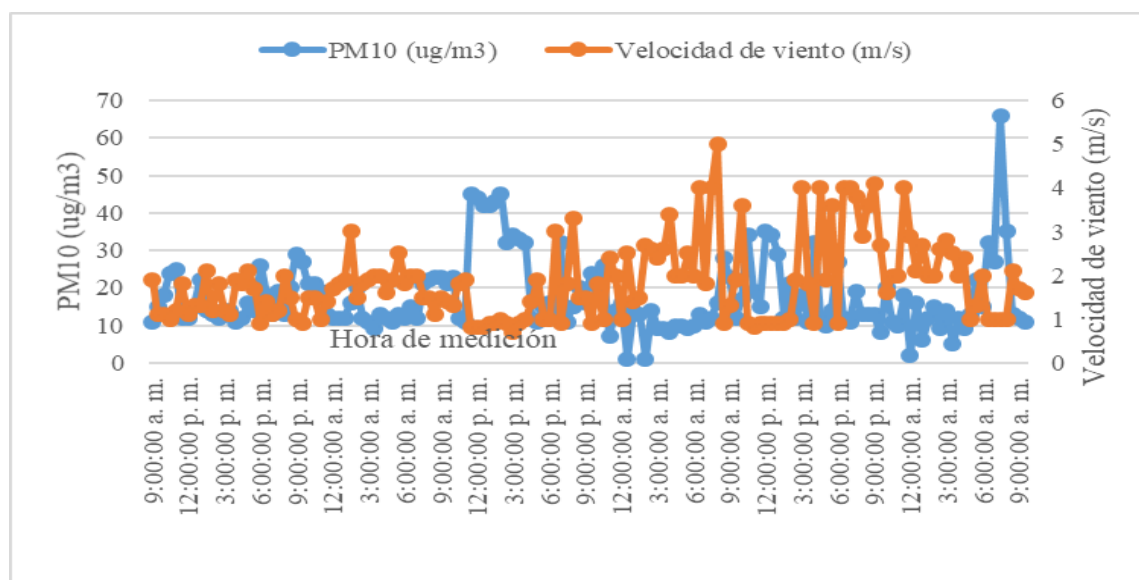


Figura 10: Comportamiento de PM10 y velocidad de viento en la pollería Light Chicken.

En la figura N°10 el valor mínimo para velocidad de viento fue de 0.7 m/s el día 21./11/2018 a las 0:00 p.m. En cuanto al valor máximo fue de 5 m/s el día 22/11/2018 a las 08:00 a.m.

Tabla 16: Velocidad del viento (m/s) en la pollería Light chicken vs PM10 (ug/m3) en la pollería Light chicken.

		Velocidad de viento (m/s) en la Polleria Light chicken
PM10 (ug/m3) en la Polleria Light chicken	Correlación de Pearson	-,518**
	Sig. (bilateral)	,000
	N	146

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la tabla N° 14 la relación que existe entre el material particulado PM10 y la velocidad de viento durante los 3 días que se hizo el monitoreo en la Pollería Light Chicken fue de -0.518 lo cual significa que existe una correlación negativa moderada.

4.3.2 Resultados de PM2.5 y parámetros meteorológicos

4.3.2.1 Resultados en la Estación 1 –MPSM (23-26 de octubre)

j. PM2.5 y Temperatura

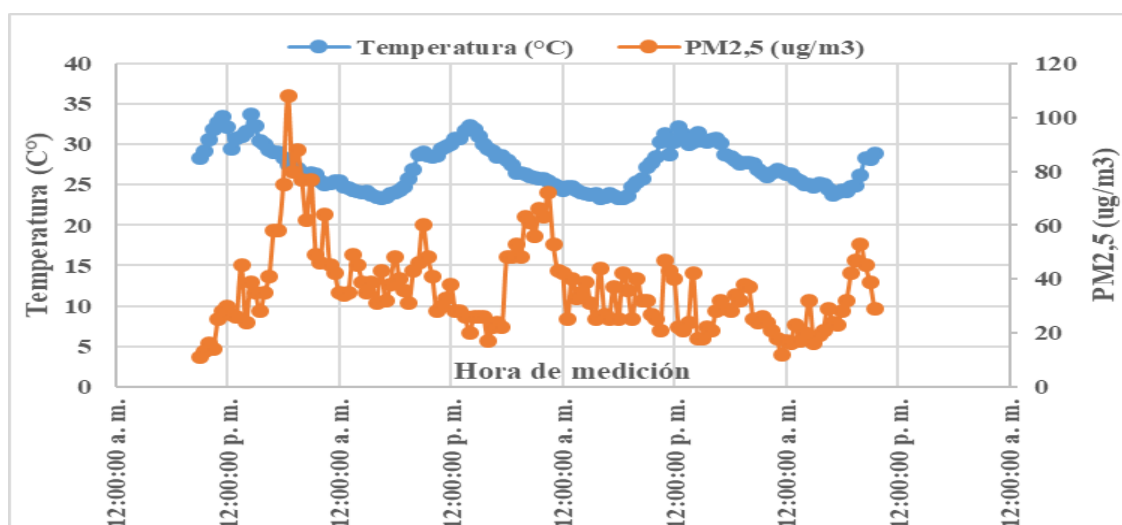


Figura 11: Comportamiento de PM2.5 y la temperatura en la MPSM.

En la Figura N°11 La temperatura presenta un valor mínimo de 23.3 °C el día 25/10/2018 a las 04:00 am y a las 06:00 am. En tanto al valor máximo de Temperatura fue de 33.8°C el día 23/10/2018 a las 2:30 pm. En cuanto a al material particulado

PM2.5 el valor mínimo fue de 11 ug/m³ se obtuvo el día 23/10/2018 a las 09:00 am y el valor máximo fue de 108 ug/m³ el 23/10/2018 a las 06:30 pm.

Tabla 7: Temperatura (°C) en la Municipalidad Provincial de San Martín vs PM 2,5 (ug/m³) en

Municipalidad Provincial de San Martín.

Temperatura (°C) en la Municipalidad Provincial de San Martín		
PM 2,5 (ug/m ³) en la Municipalidad Provincial de San Martín	Correlación de Pearson	-,190*
	Sig. (bilateral)	,022
	N	146

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la tabla N°17 la relación que existe entre el material particulado PM2.5 y la temperatura durante los 3 días que se hizo el monitoreo en la MPSM fue de -0.190 lo cual indica que existe una correlación negativa muy baja, casi nula.

k. PM2.5 y Humedad relativa

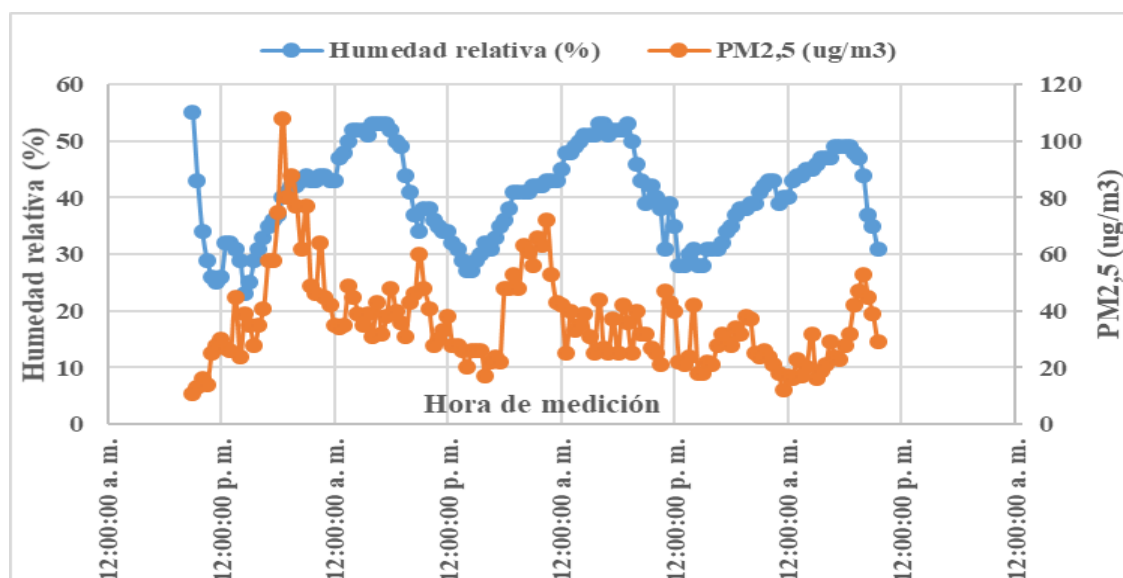


Figura 12: Comportamiento de PM2.5 y humedad relativa en la MPSM.

En la figura N°12 se observa que la Humedad relativa presenta un valor mínimo de 23% el día 23/10/2018 a las 02:30 pm y un máximo de 55% a las 09:00 a.m. del mismo día.

Tabla 18: *Humedad relativa (%) en la Municipalidad Provincial de San Martín vs PM 2,5 (ug/m3) en Municipalidad Provincial de San Martín.*

		Humedad relativa (%) en la Municipalidad Provincial de San Martín
PM 2,5 (ug/m3) en la Municipalidad Provincial de San Martín	Correlación de Pearson	,137
	Sig. (bilateral)	,099
	N	146

Fuente: *elaboración propia, 2019.*

En la tabla N°18 la relación que existe entre el material particulado PM2.5 y la humeada relativa durante los 3 días que se hizo el monitoreo en la MPSM fue de 0.137 lo cual indica que existe una correlación positiva muy baja

1. PM2.5 y Velocidad de viento

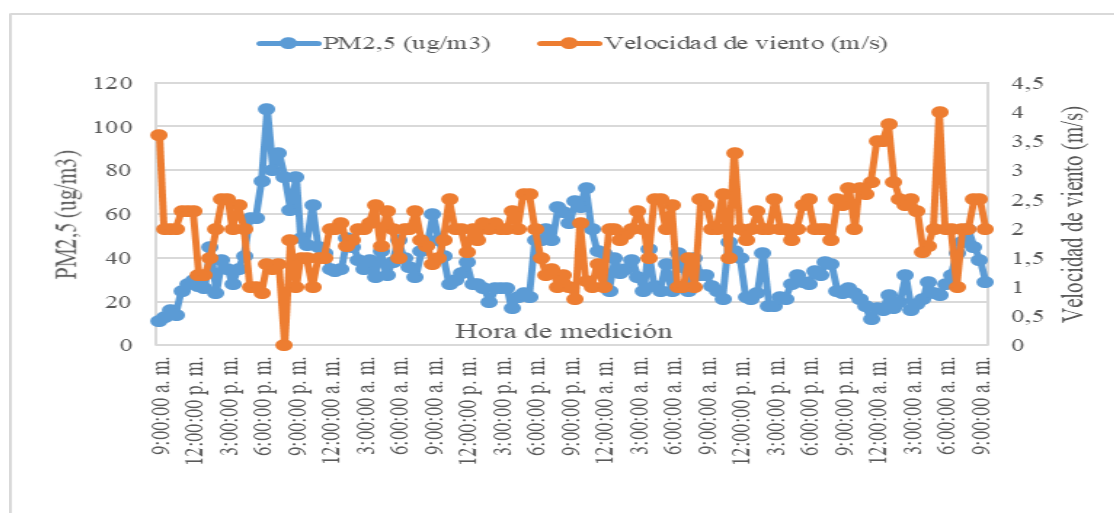


Figura 13: Comportamiento de PM2.5 y la velocidad del viento en la MPSM.

En la figura N°13 el valor mínimo de velocidad de viento fue de 0.8 m/s el día 24/10/2018 a las 09:30 p.m. Mientras que el valor máximo fue de 4 m/s del día 26/10/2018 a las 05:30 a.m.

Tabla 19: *Velocidad del viento (m/s) en la Municipalidad Provincial de San Martín vs PM 2,5 (ug/m3) en la Municipalidad Provincial de San Martín.*

		Velocidad de viento (m/s) en la Municipalidad Provincial de San Martín
PM 2,5 (ug/m3) en la Municipalidad Provincial de San Martín	Correlación de Pearson	-,619**
	Sig. (bilateral)	,000
	N	146

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: *elaboración propia, 2019.*

En la tabla N°19 la relación que existe entre el material particulado PM2.5 y la velocidad de viento durante los 3 días que se hizo el monitoreo en la MPSM fue de -0.619 lo cual significa que existe una correlación negativa moderada.

4.3.2.2 Resultados de la Estación 2 – SEHS (5- 8 de noviembre)

m. PM2.5 y Temperatura

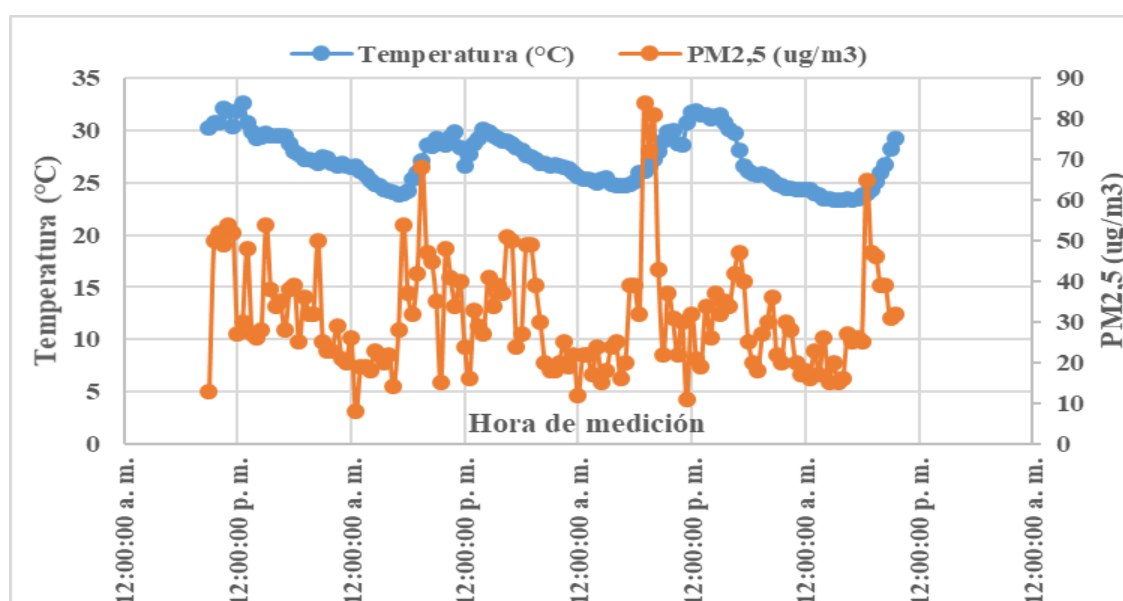


Figura 14: comportamiento de PM2.5 y la temperatura en el SEHS.

En la figura N°14 la temperatura presentó un valor mínimo de temperatura fue de 23.4 °C el día 08/11/2018 a las 03:00 am, 03:30 am, 04:00 am y 05:00 am. En cuanto al valor máximo de temperatura fue de 32.7 °C el día 05/11/2018 a las 12:30 pm.

Mientras que el PM 2.5 presentó un valor de 8ug/m³ el día 06/11/2018 a las 12:30 am y el valor máximo fue de 84 ug/m³ el día 07/11/2018 a las 07:00 am.

Tabla 20: Temperatura (°C) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS) vs PM_{2,5} (ug/m³)

Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS).

		Temperatura (°C) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)
PM _{2,5} (ug/m ³) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)	Correlación de Pearson	,275**
	Sig. (bilateral)	,001
	N	146

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: *elaboración propia, 2019.*

En la tabla N°20 la relación que existe entre el material particulado PM_{2.5} y la temperatura durante los 3 días que se hizo el monitoreo en el SEHS fue de 0.275 lo cual significa que existe una correlación positiva baja.

n. PM_{2.5} y Humedad relativa

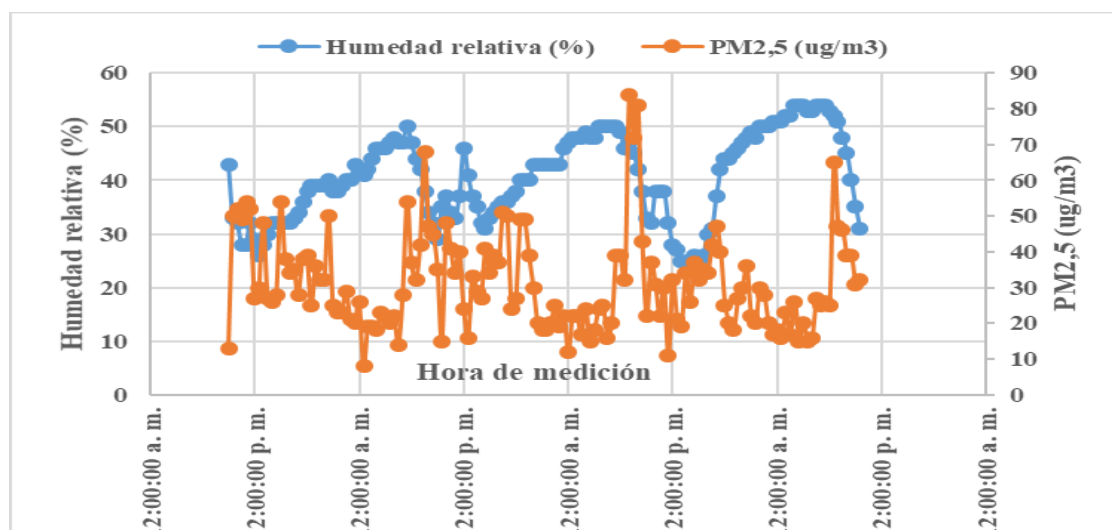


Figura 15: Comportamiento de PM_{2.5} y la humedad relativa en el SEHS.

En la figura N°15 se observa que el valor mínimo de humedad relativa fue de 25% del día 07/11/2018 a la 01:00 pm, 01:30 p.m., 02:00 p.m. y 03:00 p.m. y el valor máximo fue de 54% del día 08/11/2018 a las 02:00 am, 02:30 am 03:00 am 04:30 am, 05:00 am y 05:30 am.

Tabla 21: *Humedad relativa (%) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS) vs PM 2,5 (ug/m3) Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS).*

		Humedad relativa (%) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)
PM 2,5 (ug/m3) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)	Correlación de Pearson	-,272**
	Sig. (bilateral)	,001
	N	146

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: *elaboración propia, 2019.*

En la tabla N°21 la relación que existe entre el material particulado PM2.5 y la humedad relativa durante los 3 días que se hizo el monitoreo en el SEHS fue de -0.272 lo cual significa que existe una correlación negativa baja.

o. PM2.5 y Velocidad de viento

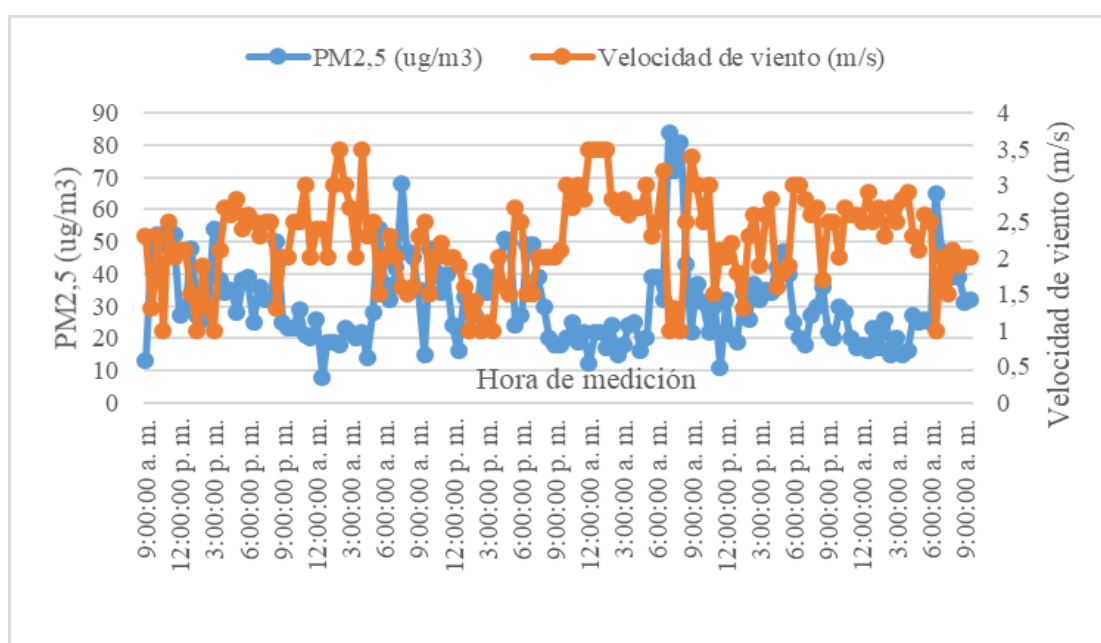


Figura 16: Comportamiento de PM2.5 y la velocidad de viento en el SEHS.

En la figura N° 16 el valor mínimo para la velocidad de viento fue de 1 m/s el día 05/11/2018 a las 10:30 a.m., 01:30 p.m., 03:00 p.m. el día 06/11/2018 a la 01:00 p.m., 02:00 p.m., 03:30 p.m., el día 07/11/2018 a las 07:00 a.m. y 08:00 a.m. también el día 08/11/2018 a las 06:00 a.m. Mientras que el valor máximo fue de 3.5 m/s el

día 06/11/2018 a las 02:00 a.m., 04:00 a.m., el día 07/11/2018 a las 12:00 a.m., 12:30 a.m., 01:00 p.m., 01:30 p.m.

Tabla 22: Velocidad del viento (m/s) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS) vs PM 2,5 (ug/m3) Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS).

		Velocidad de viento (m/s) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)
PM 2,5 (ug/m3) en el Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)	Correlación de Pearson	-,620**
	Sig. (bilateral)	,000
	N	146

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la tabla N°22 la relación que existe entre el material particulado PM2.5 y la velocidad de viento durante los 3 días que se hizo el monitoreo en el SEHS fue de -0.620 lo cual significa que existe una correlación negativa moderada.

4.3.2.3 Resultados de la Estación 3 – Pollería Light Chicken (20- 23 de noviembre)

p. PM2.5 y Temperatura

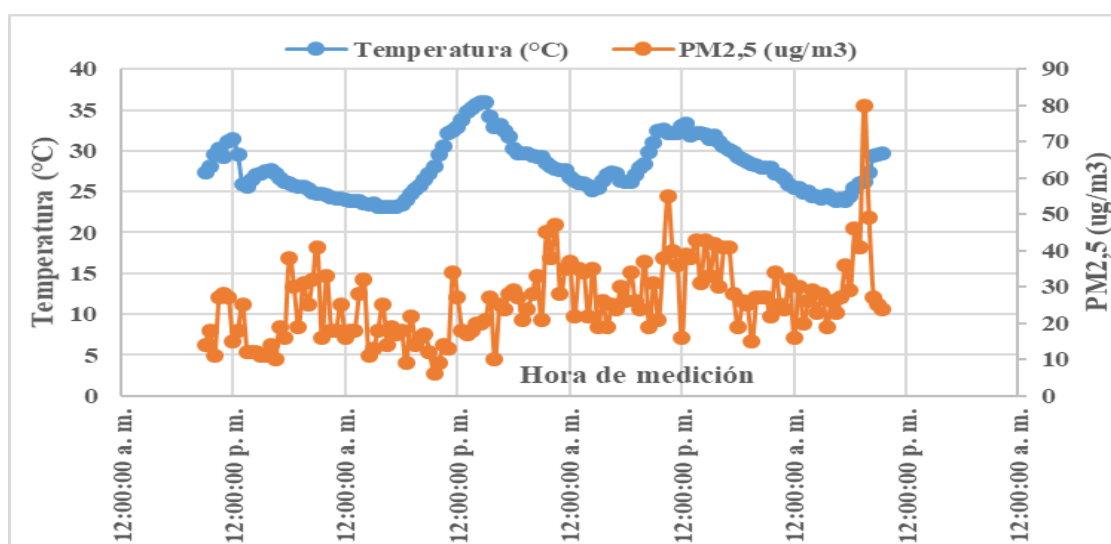


Figura 17 : Comportamiento de PM2.5 y la temperatura en la pollería light Chicken.

En la figura N°17 el valor mínimo de temperatura fue de 23.1 °C EL DÍA 21/11/2018 a las 04:30 am y a las 5:00 am, el valor máximo fue de 36°C el día

21/11/2018 a las 03:00 pm. Mientras que el valor mínimo de PM2.5 fue de 6ug/m3 el día 21/11/2018 a las 09:00 am y el máximo fue de 80 ug/m3 a las 7:30 am del día 23/11/2018.

Tabla 23: *Temperatura (°C) en la Pollería Light chicken vs PM2,5 (ug/m3) en la pollería Light chicken.*

		Temperatura (°C) en la Polleria Light chicken
PM2,5 (ug/m3) en la polleria Light chicken	Correlación de Pearson	,115
	Sig. (bilateral)	,168
N		146

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la tabla N°23 la relación que existe entre el material particulado PM2.5 y la temperatura durante los 3 días que se hizo el monitoreo en la Pollería Light Chicken fue de 0.115 lo cual significa que existe una correlación positiva muy baja, casi nula.

q. PM2.5 y Humedad relativa

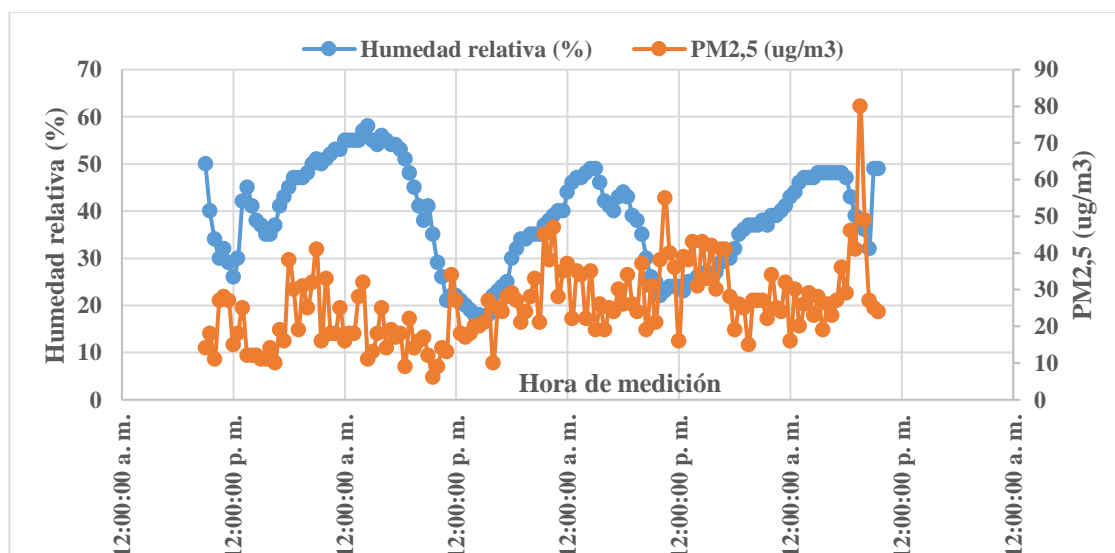


Figura 18: *Comportamiento de PM2.5 y humedad relativa en la pollería light Chicken.*

En la figura N°19 se observa que el valor mínimo fue de 17% del día 21/11/2018 a las 03:00 pm y el valor máximo fue de 58% a las 02:30 am del mismo día.

Tabla 24: Humedad relativa (%) en la Pollería Light chicken vs PM2,5 (ug/m3) en la Pollería Light chicken.

		Humedad relativa (%) en la Pollería Light chicken
PM2,5 (ug/m3) en la Pollería Light chicken	Correlación de Pearson	-,143
	Sig. (bilateral)	,085
	N	146

Fuente: elaboración propia, 2019.

En la tabla N°24 la relación que existe entre el material particulado PM2.5 y la humedad relativa durante los 3 días que se hizo el monitoreo en la Pollería Light Chicken fue de -0.143 lo cual significa que existe una correlación negativa muy baja, casi nula.

r. PM2.5 y Velocidad de viento

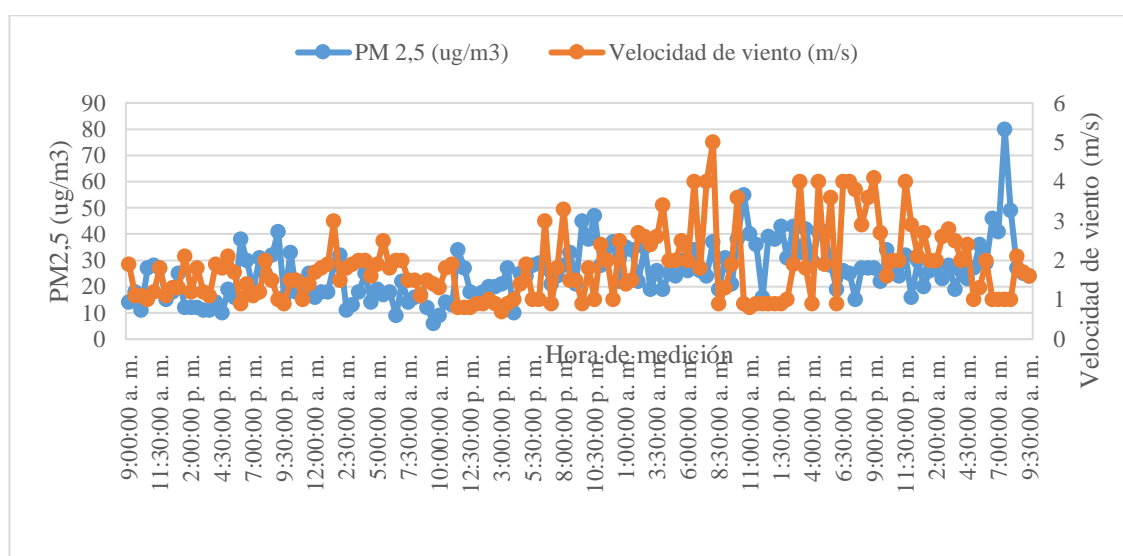


Figura 19: Comportamiento de PM2.5 y la velocidad de viento en la pollería light chicken.

En la figura N° 19 el valor mínimo para velocidad de viento fue de 0.7 m/s el día 21/11/2018 a las 0:00 p.m. En cuanto al valor máximo fue de 5 m/s el día 22/11/2018 a las 08:00 a.m.

Tabla 25: *Velocidad del viento (m/s) en la pollería Light chicken vs PM 2,5 (ug/m3) en la pollería Light chicken.*

		Velocidad de viento (m/s) en la Pollería Light chicken
PM 2,5 (ug/m3) en la Pollería Light chicken	Correlación de Pearson	-,021
	Sig. (bilateral)	,804
	N	146

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la tabla N°25 la relación que existe entre el material particulado PM2.5 y la velocidad de viento durante los 3 días que se hizo el monitoreo en la Pollería Light Chicken fue de -0.021 lo cual significa que existe una correlación negativa baja.

4.4 Relación de PM10, PM2.5 y los parámetros meteorológicos

Tabla 26: *Correlación de Pearson del PM10 y las variables meteorológicas.*

	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)	N
PM10 (ug/m3) vs Temperatura (°C) en Municipalidad Provincial de San Martín	-,105	,206	146
PM10 (ug/m3) vs Temperatura (°C) Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)	,277**	,001	146
PM10 (ug/m3) vs Temperatura (°C) en la pollería Light chicken	,439**	,000	146
PM 10 (ug/m3) vs Humedad relativa (%) en la Municipalidad Provincial de San Martín	,065	,437	146
PM10 (ug/m3) vs Humedad relativa (%) Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)	-,263**	,001	146
PM10 (ug/m3) vs Humedad relativa (%) en la Pollería Light chicken	-,447**	,000	146
PM 10 (ug/m3) vs Velocidad de viento (m/s) en la Municipalidad Provincial de San Martín	-,703**	,000	146
PM10 (ug/m3) vs Velocidad de viento (m/s) en Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)	-,683**	,000	146
PM10(ug/m3) vs Velocidad de viento (m/s) en la Pollería Light chicken	-,518**	,000	146

Fuente: *elaboración propia, 2019.*

En la tabla N°26 respecto a la correlación de Pearson concluye que no existe una correlación significativa ente el material particulado PM 10 con las variables meteorológicas, excepto con la velocidad de viento con la cual existe una relación inversa.

Tabla 27: *Correlación de Pearson de PM2.5 y variables meteorológicas.*

	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)	N
PM 2,5 (ug/m3) vs Temperatura (°C) en la Municipalidad Provincial de San Martín	-,190*	,022	146
PM2,5 (ug/m3) vs Temperatura (°C) Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)	,275**	,001	146
PM2,5 (ug/m3) vs Temperatura (°C) en la pollería Light chicken	,115	,168	146
PM 2,5 (ug/m3) vs Humedad relativa (%) en Municipalidad Provincial de San Martín	,137	,099	146
PM 2,5 (ug/m3) vs Humedad relativa (%) Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)	-,272**	,001	146
PM2,5 (ug/m3) vs Humedad relativa (%) en la Pollería Light chicken	-,143	,085	146
PM 2,5 (ug/m3) vs velocidad de viento (m/s) en la Municipalidad Provincial de San Martín	-,619**	,000	146
PM 2,5 (ug/m3) vs velocidad de viento (m/s) en Servicio Educacional Hogar y Salud (SEHS)	-,620**	,000	146
PM 2,5 (ug/m3) vs velocidad de viento (m/s) en la Pollería Light chicken	-,021	,804	146

Fuente: *elaboración propia, 2019.*

Respecto a la tabla N°27 la correlación de Pearson concluye no existe una correlación significativa entre el material particulado PM2.5 con los parámetros meteorológicas, excepto con la velocidad de viento con la cual existe una correlación inversa.

Discusión

A partir de los resultados encontrados en lo que respecta a al primer objetivo específico, Determinar la relación que existe entre los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad de viento) y el material particulado (PM10) en el sector Cercado de la ciudad de Tarapoto, encontramos que:

- Para el material particulado PM10 en la Municipalidad Provincial de San Martín (E1) aceptamos la hipótesis Ho-1 en la que establece que no existe una relación entre los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa, velocidad de viento) y el material particulado, a excepción del PM10 con la velocidad del viento en la cual de acuerdo a los resultados existe una relación inversa, lo cual quiere decir que a mayor velocidad de viento menor será la concentración de material particulado
- Sin embargo, en el Servicio Educacional de Hogar y Salud (E2) y la Pollería Light Chicken (E3) se acepta la hipótesis Hi-1 la cual establece que existe una relación entre los parámetros meteorológicos y el material particulado. Cabe recalcar que la relación que existe entre el material particulado PM10 con la temperatura y la humedad relativa es casi nula a diferencia del PM10 y la velocidad de viento con la que existe una relación inversa
- Según (Sierra, 2006) en su investigación titulada “ Establecer asociación existente entre las variables meteorológicas temperatura, velocidad del viento y precipitación y las concentraciones de PM10 registradas en la red de calidad del aire de Bogotá D.C.” muestra las aproximaciones de la relación que puede existir entre las variables meteorológicas y el PM10, dando como resultado que el material particulado en relación con las variables meteorológicas es muy débil, sin embargo

con la velocidad de viento hay un comportamiento inverso, lo cual indica que hay una relación directa.

En tanto los resultados para el segundo objetivo específico ‘‘Determinar la relación que existe entre los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad de viento) y el material particulado (PM2.5) en el sector Cercado de la ciudad de Tarapoto’’. Los resultados obtenidos fueron que:

- Para el material particulado PM2.5 en la Municipalidad Provincial de San Martín (E1) aceptamos la Hi-2, en la que se establece que existe una relación entre los parámetros meteorológicos y el material particulado; la relación es muy baja a excepción del PM2.5 con la velocidad de viento cuyos resultados muestran que existe una relación inversa.
- En tanto a los resultados obtenidos en el Servicio Educacional de Hogar y Salud (E2) se acepta la hipótesis Hi-2 la cual establece que existe una relación entre los parámetros meteorológicos y el material particulado. En esta estación la relación que existe también es casi nula, con excepción del PM2.5 con la velocidad de viento con la cual existe una relación inversa.
- En cuanto a los resultados obtenidos en la Pollería Light Chicken (E3) se acepta la hipótesis Ho-2 la cual establece que no existe relación entre los parámetros meteorológicos y en material particulado.
- (Dextre, 2016) Muestra que los resultados para el material particulado PM2.5 en relación a la temperatura fue débil, por otro lado el pm2.5 en relación con la humedad relativa tuvo una relación inversa por las mañanas y por las noches la relación fue directa, mientras que para la relación entre pm2.5 y la velocidad de viento se obtuvo una relación directa en las mañanas mientras que en la tarde fue inversa.

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Dicha investigación muestra las aproximaciones que puede existir entre el material particulado PM10 y PM2.5 con las variables meteorológicas

Podemos concluir que tal investigación muestra que sí existe una relación entre el material particulado (PM10 y PM2.5) y las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa, velocidad de viento), pero no es tan significativo a excepción del PM10, PM2.5 con la velocidad de viento, con el cual se muestra que existe una correlación inversa, esto quiere decir que a más velocidad de viento menor será la concentración de material particulado y viceversa.

Dado que en la ciudad de Tarapoto no existen muchos estudios sobre la relación entre el material particulado y las variables meteorológicas, esta investigación servirá como referencia para futuros proyectos.

5.2 Recomendaciones

- Ampliar estudios de investigación con mayores puntos de monitoreo con el fin de generar información de puntos críticos de dispersión de material particulado en la ciudad de Tarapoto.
- Realizar investigaciones, monitoreos y caracterización del material particulado (PM10 y PM2.5) con el fin de identificar las fuentes emisoras.
- Se recomienda a los gobiernos locales Formular e implementar planes de control de fuentes emisores de PM10 y PM2.5 con el fin de disminuir su dispersión.
- Generar investigaciones con el fin de identificar efectos generados ante la exposición de partículas (PM10 y PM2.5).

REFERENCIAS

- Alvarado, S., Silva, C., & Cáceres, D. (2010). Modelación de episodios críticos de contaminación por material particulado (PM10) en Santiago de Chile. Comparación de la eficiencia predictiva de los modelos paramétricos y no paramétricos. *24(6)*, 466-472. doi:10.1016/j.gaceta.2010.07.008
- Aránguez, E., Ordóñez, J. M., Serrano, J., Aragonés, N., Fernández, R., Gandarillas, A., & Galán, I. (1999). Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. *Rev Esp Salud Pública*, *73*, 123-132.
- CEPIS. (2005). Transporte y dispersión de contaminantes en el aire ambiental.
- Chávez, F. (7 de Agosto de 2009). Estudio de la dispersión de los contaminantes atmosféricos en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.
- Chavez, F. (2009). Estudio de la dispersión de los contaminantes atmosféricos en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/50563984/Estudio-de-la-Dispersion-de-los-Contaminantes-Atmosfericos-en-la-Ciudad-de-Santa-Cruz-de-la-Sierra>
- Contreras, A. M., García, G., & Icaza, B. (2013). Calidad del aire: Una práctica de vida.
- Dextre, E. (2016). Comportamiento de las variables meteorológicas y su relación con la calidad de aire por material particulado PM2.5, San Juan de Lurigancho . 2016.
- EPA. (2017). Lista de métodos de referencia.
- Ferrán, B. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Rev Esp Salud Pública*, *79*, 159-175.
- Flores, J. (1997). Contaminación atmosférica (primarios y secundarios).
- Harrison, R. (2006). An Introduction to Pollution Science. London, United Kingdom. *The Royal Society Chemistry*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1039/9781847555410>

- Hidalgo, J. (2015). Episodios de contaminación por material particulado en Curicó y su relación con variables meteorológicas .
- INEI. (2009). *PERÚ: Estimaciones y Proyecciones de Población por sexo, según Departamento, Provincia, y Distrito, 2000-2015.*
- INEI. (2016). Estadísticas Ambientales, febrero 2016.
- INEI. (2017). Informe económico y social - Región San Martín. *Instituto Nacional de Estadística e Informática.*
- Martín, P. B. (2005).). Contaminación del aire por material particulado en la ciudad de Buenos Aires. Obtenido de http://digital.bl.fcen.uba.ar/download/tesis/tesis_n3931_Martin.pdf
- MetOneInstruments. (2017). Partículas de calidad del aire. Obtenido de <http://metone.com/air-quality-particulate-measurement/regulatory/e-bam/>
- MINAM. (2015). Plan de acción para la mejora de la calidad del aire en la zona de atención prioritaria de la cuenca atmosférica de San Martín.
- MINAM. (2016). Índice de la calidad del Aire.
- Montoya, C. (2012). Informe final de Calidad del aire en el valle de Aburrá.
- Moreano, D. I., & Palmisano, A. S. (Septiembre de 2012). Nivel de afectación de la contaminación atmosférica y sus efectos en la infraestructura del campus universitario debido a la emisión de partículas PM10 y CO.
- OMS. (2009). Antecedentes para el análisis General de Impacto Económico y Social de Anteproyecto de la Norma de Calidad Primaria para PM2.5 (agies).
- OMS. (2012). Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (27 de Septiembre de 2016). Calidad del aire ambiente (exterior) y salud . *Organización Mundial de la Salud.* Obtenido de http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2011/air_pollution_20110926/es/

- Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Rev Chil Enf Respir*, 26, 16-25.
- Padilla, B. T. (Setiembre de 2015). Evaluación de la concentración de partículas menores a 10 micras y su influencia en las enfermedades respiratorias de la población del barrio Cercado-Tarapoto, noviembre,2015.
- PEDC-PM. (2012). Plan Estratégico de Desarrollo Concertado.
- Perú21. (Mayo de 2014). Lima tiene el aire más contaminado de América Latina. Obtenido de <https://peru21.pe/lima/oms-lima-aire-contaminado-america-latina>
- Pláceres, R., Bermejo, M., Navarro, L., & Rojo, T. (2004). Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad de la Habana.
- Pope, C. (2004). Air Pollution and Health. *New England Journal of Medicine*, 351(11), 1132-1134.
- Roberts, A. (2009). *Manual de Control de la Calidad del Aire, México, Tomo I, p.2,5*. México.
- Robles, L. D. (2012). Efecto a corto plazo del PM10 y ozono sobre la mortalidad cardiopulmonar en la localidad de Santa Fe, Bogotá 2012-2014.
- Rojas, N., & Galvis, B. (2005). Relación entre PM2.5 y PM10 en la ciudad de Bogotá . *Revista de ingeniería*, 54-60.
- Romero, M., Diego, F., & Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Rev Cubana Hig Epidemiol*, 44(2).
- Sánchez, O., Ordóñez, C., Aliaga, R., & Rojas, J. (2014). Evaluación de la calidad del Aire en Lima metropolitana. *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*.
- SENAMHI. (2001). Servicio nacional de meteorología e hidrología .

Sierra, M. (2006). Establecer asociación existente entre las variables meteorológicas temperatura, velocidad del viento y precipitación y las concentraciones de PM10 registradas en la red de calidad del aire de Bogotá D.C.

Sierra, M. (2006). Establecer la asociación existente entre las variables meteorológicas Temperatura, velocidad del viento y precipitación y las concentraciones de PM10 registradas en la red de calidad del aire de Bogotá D.C.

Vicente, A., & Silva, C. (2008). Contaminación del aire por material particulado (PM10 y PM2.5).

Yassi, A., Kjellstrom, T., Kok, T., & Guidotti, T. (2002). Salud ambiental básica.

ANEXOS

Anexo 1 Registro de monitoreo.

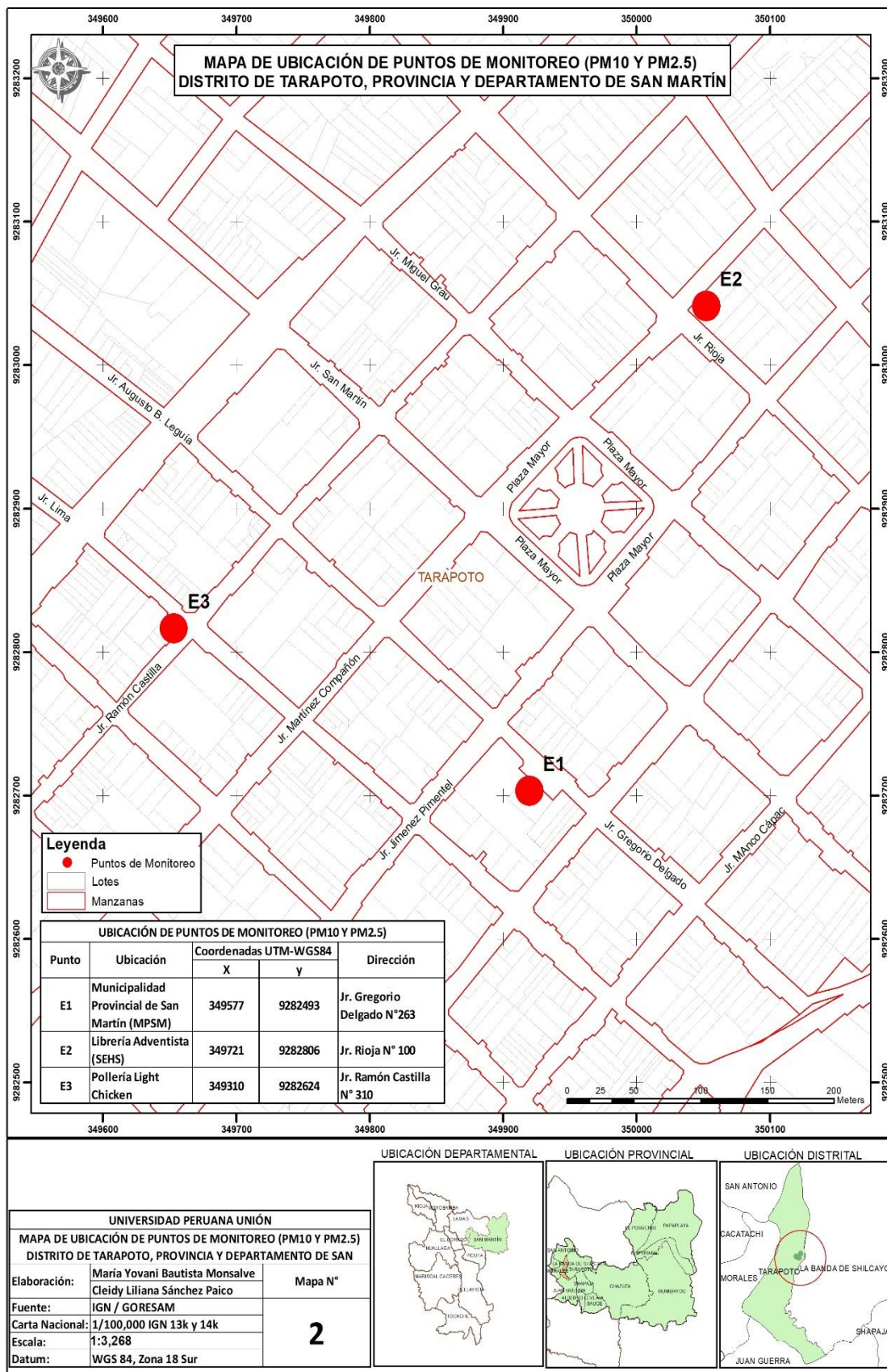
Nombre del evaluador:

ESTACIÓN				FECHA				
DIRECCIÓN								
DISTRITO			PROVINCIA		DEPARTAMENTO			
ZONIFICACIÓN								
COORDENADAS								
DATOS DE MUESTREO			CONDICIONES AMBIENTALES				RESULTADO	
Fecha de inicio	Hora de inicio	Temperatura ambiente promedio(°C)	Humedad Relativa	VIENTO		Concentración (ug/m3)		
				Dirección	Velocidad	PM10	PM2.5	

Observaciones: _____

—
Fuente: Elaboración propia

Anexo 2 Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo (PM10 Y PM2.5).



Anexo 3 Certificado de calibración del monitor de Atenuación Beta –E.BAM


Met One Instruments, Inc.

1600 NW Washington Blvd • Grants Pass, OR97526 • (541) 471-7111 • www.metone.com

Certificate of Calibration

Model E-BAM

Environmental Beta Attenuation Mass Monitor

E-BAM Serial Number: X13154 Sales Order: 126989
 Calibration Performed By: Matt Harris Calibration Date: 04/10/2018
 Final Quality Inspection By: [Signature] Inspection Date: 4/10/18
 Configuration: E-BAM ACE-BAM OTHER _____
 Condition: New Unit Demonstration Unit Repair / Upgrade / Recalibration

Factory Calibration Settings		
Name	Setting	Description
K	1.041	Concentration Slope Multiplier
BKGD	0.001	Concentration Offset, mg/m ³
ABS	0.943	Span Membrane Mass, mg/cm ²

E-BAM Parameters	
MasterFirmware:	3613-01 R1.57.0
Slave Firmware:	3610 V1.51
Beta Source Serial Number:	AL-1574
Beta Detector Voltage, V _{bc} :	-925


These settings are unit-specific calibration values which have been determined during dynamic testing, and should never be changed without specific instructions from Met One Instruments. See the operation manual. The BKGD background correction value may be field audited and altered.

Test and Calibration Standards			
Standard Type	Mfg/Model	Serial Number	Calibration Due
Air Flow Meter	Defender 530 high flow	147334	March 28, 2019
DMM	289	96510142	June 15, 2018
RH & TEMPERATURE	083E-1-6	R20314	October 17, 2018
BAROMETRIC PRESSURE	092	W15635	May 24, 2018
Gravimetric Transfer Standard	BAM-1020 FEM2.5	N2404	May 31, 2019

This instrument has been tested and calibrated to meet the manufacturer's published specifications at an ISO-9001 certified facility. The standards used for the calibration are on record and traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST), and have accuracies equal to or greater than the instrument being tested. Complete test records for each unit are maintained by Met One Instruments, Inc. and are available upon request. The E-BAM mass measurement subsystem does not require any periodic recalibration except in cases of factory repairs to the beta measurement subsystem or its components.

Document No. E-BAM-6102, Rev D

Anexo 4 Documentos de autorización.



**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL
DE SAN MARTÍN**

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

Tarapoto, 21 de Septiembre del 2018.

CARTA N° 122-2018-SGGAOT-GDEGAT-MPSM.

Señor.
Dr. Delbert Eleasil Condori Moreno
JR. Los Martínez 340, Urb. Santa Lucía, Morales.

ASUNTO : REMITO INFORMACIÓN SOLICITADA

REFERENCIA: CARTA N° 80-2018/FIA-EP.IA


Saludos cordiales.

Mediante el presente, es grato dirigirme a usted, para saludarle cordialmente a nombre de la Municipalidad Provincial de San Martín a través de la Sub Gerencia de Gestión Ambiental y Ordenamiento Territorial, y en atención al documento de la referencia, remitir la autorización para la colación de un equipo **monitor E-bam** en el último piso de la Municipalidad Provincial de San Martín para la "Evaluación de la Calidad del Aire por material particulado (PM10 Y PM2.5) mediante el uso de Tecnología de atenuación Beta en el sector Cercado de la Ciudad de Tarapoto), el mismo que estaría efectuando los días 23, 24, 25 de octubre del presente año, así mismo, es preciso manifestarle que la custodia del equipo instalado debe ser efectuado por el solicitante, deslindando de cualquier responsabilidad a la Municipalidad Provincial de San Martín.

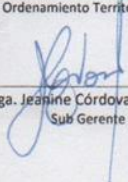
En este sentido, remito a vuestro despacho la información solicitada líneas arriba para su conocimiento.

Es cuanto Informo a usted, para su conocimiento y fines correspondientes.

Atentamente.



Municipalidad Provincial de San Martín
Sub Gerencia de Gestión Ambiental y
Ordenamiento Territorial


Blga. Jeanine Córdova Risco
(Sub Gerente (e))

JCR-SGGAOT-GDEGAT-MPSM
C.C
Archivo.

Jr. Gregorio Delgado N° 260, Tarapoto
www.mpsm.gob.pe
(042)522351 / mpsm@mps.gob.pe

MNO-ADM 068/18

Tarapoto, 24 de septiembre de 2018

Magister
Delbert Eleasil Condori Moreno
Coordinador
Universidad Peruana Unión, F/T
Morales

Referencia: Carta N° 90-2018/FIA-EP.IA

Apreciado Mg. Condori:

Sirva la presente para expresarle mi cordial saludo, deseándole bendiciones en su responsabilidad al frente de la Facultad de Ingeniería Ambiental.

Asimismo, damos respuesta a su carta N° 90-2018/FIA-EP.IA del 18 de septiembre, a la cual autorizamos la colocación del equipo monitor E-bam en los ambientes de la Misión Nor Oriental.

Con aprecio cristiano.



Alex Cutipa Gonzáles
Tesorero - MNO

Misión Nor Oriental

JR. RAMÍREZ HURTADO 321, TARAPOTO - PERÚ
TELÉFONO: (042) 530316



Anexo 5 Panel fotográfico correspondiente a los monitoreos desarrollados en la fase de campo.



Fuente: *Elaboración propia 2018.*

Instalación del equipo monitor de tecnología y atenuación Beta E-BAM



Fuente: *Elaboración propia 2018.*

Monitoreo de material particulado PM10 Y PM2.5 en el Jr. Gregorio Delgado N°263-
Municipalidad Provincial de San Martín – Tarapoto.



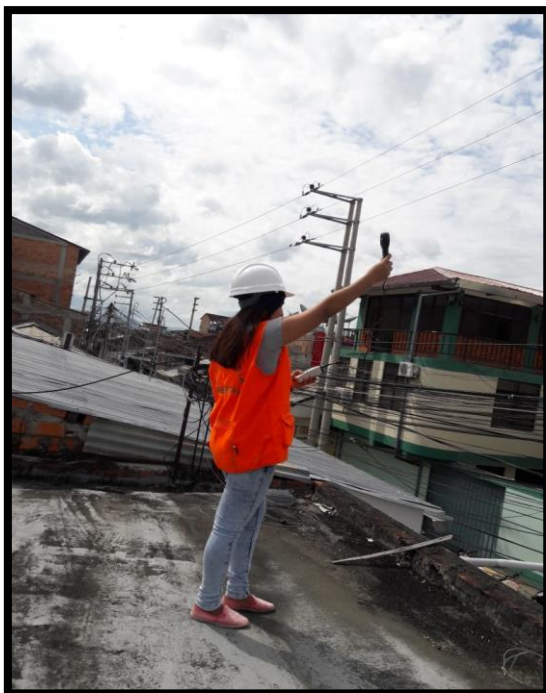
Monitoreo de material particulado PM10 Y PM2.5 en el jirón Rioja N° 100 - librería SEHS.

Fuente: *Elaboración propia.*



Monitoreo de material particulado PM10 Y PM2.5 en el jirón Ramón castilla N° 310 – Polleria-Light Chicken.

Fuente: *Elaboración propia.*



Mediciones de velocidad del viento en diferentes estaciones de monitoreo

Fuente: Elaboración propia



Instrumentos: Brújula y Termo hidrómetro para medir la dirección de viento y la temperatura y humedad

Fuente: elaboración propia.